

Sistemas Veiculares



PROJETO
FORMARE



Apoio **MEC** – Ministério da Educação
FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
PROEP – Programa de Expansão da Educação Profissional

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(William Okubo, CRB-8/6331, SP, Brasil)

LIMA, Edison Silva

Fundamentos de física e eletricidade / Edison Silva Lima
; Projeto Formare. - São Paulo : Fundação Iochpe, 2007.
130p. (Cadernos Formare, 72)

Inclui: Exercícios; Glossário; Bibliografia.
ISBN 978-85-98169-72-9

1. Ensino Profissional 2. Física 3. Eletricidade
I. Projeto Formare II. Título III. Série

CDD-371.426

Iniciativa

F U N D A Ç Ã O

IOCHPE

Realização


FORMARE

Fundação IOCHPE

Al. Tietê, 618, casa 3, Cep 01417-020, São Paulo, SP
www.formare.org.br

FORMARE: uma escola para a vida

Ensinar e aprender não podem dar-se fora da procura,
fora da boniteza e da alegria.
A alegria não chega apenas com o encontro do achado,
mas faz parte do processo de busca.

Paulo Freire

Hoje a educação é concebida em uma perspectiva ampla de desenvolvimento humano e não apenas como uma das condições básicas para o crescimento econômico.

O propósito de uma escola é muito mais o desenvolvimento de competências pessoais para o planejamento e realização de um projeto de vida do que apenas o ensino de conteúdos disciplinares.

Os conteúdos devem ser considerados na perspectiva de meios e instrumentos para conquistas individuais e coletivas nas áreas profissional, social e cultural.

A formação de jovens não pode ser pensada apenas como uma atividade intelectual. É um processo global e complexo, onde conhecer, refletir, agir e intervir na realidade encontram-se associados.

Ensina-se pelos desafios lançados, pelas experiências proporcionadas, pelos problemas sugeridos, pela ação desencadeada, pela aposta na capacidade de aprendizagem de cada um, sem deixar de lado os interesses dos jovens, suas concepções, sua cultura e seu desejo de aprender.

Aprende-se a partir de uma busca individual, mas também pela participação em ações coletivas, vivenciando sentimentos, manifestando opiniões diante dos fatos, escolhendo procedimentos, definindo metas.

O que se propõe, então, não é apenas um arranjo de conteúdos em um elenco de disciplinas, mas a construção de uma prática pedagógica centrada na formação.

Nesta mudança de perspectiva, os conteúdos deixam de ser um fim em si mesmos e passam a ser instrumentos de formação.

Essas considerações dão à atividade de aprender um sentido novo, onde as necessidades de aprendizagem despertam o interesse de resolver questões desafiadoras. Por isso uma prática pedagógica deve gerar situações de aprendizagem ao mesmo tempo reais, diversificadas e provocativas. Deve possibilitar, portanto, que os jovens, ao dar opiniões, participar de debates e tomar decisões, construam sua individualidade e se assumam como sujeitos que absorvem e produzem cultura.

Segundo Jarbas Barato, a história tem mostrado que a atividade humana produz um saber "das coisas do mundo", que garantiu a sobrevivência do ser humano sobre a face da Terra e, portanto, deve ser reconhecido e valorizado como a "sabedoria do fazer".

O conhecimento proveniente de uma atividade como o trabalho, por exemplo, nem sempre pode ser traduzido em palavras. Em geral, peritos têm dificuldade em descrever com clareza e precisão sua técnica. É preciso vê-los trabalhar para “aprender com eles”.

O pensar e o fazer são dois lados de uma mesma moeda, dois pólos de uma mesma esfera. Possuem características próprias, sem pré-requisitos ou escala de valores que os coloquem em patamares diferentes.

Teoria e prática são modos de classificar os saberes insuficientes para explicar a natureza de todo o conhecimento humano. O saber proveniente do fazer possui uma construção diferente de outras formas que se valem de conceitos, princípios e teorias, nem sempre está atrelado a um arcabouço teórico.

Quando se reconhece a técnica como conhecimento, considera-se também a atividade produtiva como geradora de um saber específico e valoriza-se a experiência do trabalhador como base para a construção do conhecimento naquela área. Técnicas são conhecimentos processuais, uma dimensão de saber cuja natureza se define como seqüência de operações orientadas para uma finalidade. O saber é inerente ao fazer, não uma decorrência dele.

Tradicionalmente, os cursos de educação profissional eram rigidamente organizados em momentos prévios de “teoria” seguidos de momentos de “prática”. O padrão rígido “explicação (teoria) antes da execução (prática)” era mantido como algo natural e inquestionável. Profissões que exigem muito uso das mãos eram vistas como atividades mecânicas, desprovidas de análise e planejamento.

Autores estão mostrando que o aprender fazendo gera trabalhadores competentes e a troca de experiências integra comunidades de prática nas quais o saber “distribuído por todos” eleva o padrão da execução. Por isso, o esforço para o registro, organização e criação de uma rede de apoio, uma teia comunicativa de “relato de práticas” é fundamental.

Dessa forma, o uso do paradigma da aprendizagem corporativa faz sentido e é muito mais produtivo. A idéia da formação profissional no interior do espaço de trabalho é, portanto, uma proposição muito mais adequada, inovadora e ousada do que a seqüência que propõe primeiro a teoria na sala de aula, depois a prática.

Atualmente, as empresas têm investido na educação continuada de seus funcionários, na expectativa de que este esforço contribua para melhorar os negócios. A formação de quadros passou a ser, nesses últimos anos, atividade central nas organizações que buscam o conhecimento para impulsionar seu desenvolvimento. No entanto, raramente se percebe que um dos conhecimentos mais importantes é aquele que está sendo construído pelos seus funcionários no exercício cotidiano de suas funções, é aquele que está concentrado na própria empresa.

A empresa contrata especialistas, adquire tecnologias, desenvolve práticas de gestão, inaugura centros de informação, organiza banco de dados, incentiva

inovações. Vai acumulando, aos poucos, conhecimento e experiências que, **se forem apoiadas com recursos pedagógicos**, darão à empresa a condição de excelência como “espaço de ensino e aprendizagem”.

Criando condições para identificar, registrar, organizar e difundir esse conhecimento, a organização poderá contribuir para o aprimoramento da formação profissional.

Convenciona-se que a escola é o lugar onde se ensina e a empresa é onde se produz bens, produtos e serviços. Deste ponto de vista, o conhecimento seria construído na escola, e caberia à empresa o aprimoramento de competências destinadas à produção. Esta é uma visão acanhada e restritiva de formação profissional que não reconhece e não explora o potencial educativo de uma organização.

Neste cenário, a Fundação IOCHPE, em parceria com a UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, desenvolve a proposta pedagógica FORMARE, que apresenta uma estrutura curricular composta de conteúdos integrados: um conjunto de disciplinas de formação geral (Higiene, Saúde e Segurança; Comunicação e Relacionamento; Fundamentação Numérica; Organização Industrial e Comercial; Informática e Atividades de Integração) e um conjunto de disciplinas de formação específica.

O curso FORMARE pretende ser uma **escola que oferece ao jovem uma preparação para a vida**, propõe-se a desenvolver não só competências técnicas, mas também habilidades que lhes possibilitem estabelecer relações harmoniosas e produtivas com todas as pessoas, que os tornem capazes de construir seus sonhos e metas, além de buscar as condições para realizá-los no âmbito profissional, social e familiar.

A proposta curricular tem a intenção de fortalecer, além das competências técnicas, outras habilidades:

- 1) Comunicabilidade** – capacidade de expressão (oral e escrita) de conceitos, idéias e emoções de forma clara, coerente e adequada ao contexto;
- 2) Trabalho em equipe** – capacidade de levar o seu grupo a atingir os objetivos propostos;
- 3) Solução de problemas** – capacidade de analisar situações, relacionar informações e resolver problemas;
- 4) Visão de futuro** – capacidade de planejar, prever possibilidades e alternativas;
- 5) Cidadania** – capacidade de defender direitos de interesse coletivo.

Cada competência é composta por um conjunto de habilidades que serão desenvolvidas durante o ano letivo, por meio de todas as disciplinas do curso.

Para finalizar, ao integrar o ser, o pensar e o fazer, os cursos FORMARE ajudam os jovens a desenvolver competências para um bom desempenho profissional e, acima de tudo, a dar sentido à sua própria vida. Dessa forma, esperam contribuir para que eles tenham melhores condições para assumir uma postura ética, colaborativa e empreendedora em ambientes instáveis como os de hoje, sujeitos a constantes transformações.

Equipe FORMARE

Sumário

Tópicos de Mecânica Geral	
Primeira Aula	
Mecânica clássica: conceitos gerais	11
Segunda Aula	
Força e deslocamento: aplicações práticas I	16
Terceira Aula	
Força e deslocamento: aplicações práticas II	18
Sistema Estrutural	
.....	21
Sistema e uspe s o	
.....	59
4 Sistema de frenagem	
.....	61
5 Sistema de direção	
.....	68
6 Trem de força	
.....	71

1 Tópicos de Mecânica Geral

Reconhecer os fenômenos físicos da mecânica tem se constituído em importante subsídio para a compreensão do funcionamento das máquinas e equipamentos utilizados em linhas de produção, transporte e armazenagem de produtos nas indústrias. O conhecimento das leis da mecânica (Leis de Newton), das leis do deslocamento (MRU e MRV) e a compreensão do conceito de vetores possibilitam antecipar e prevenir situações de risco ou de falha nos sistemas e equipamentos produtivos, aumentando a segurança, a confiabilidade e a eficácia nos trabalhos dentro da indústria.

Objetivos

- Proporcionar espaços de socialização de experiências práticas vivenciadas na empresa, com relação a fatos físicos;
- Fundamentar os conceitos gerais da mecânica clássica.

Primeira Aula

Nesta aula, serão estudados os conceitos gerais da mecânica clássica.

Mecânica clássica: conceitos gerais



Passo 1 / Exposição dialogada



20min

Distribua o texto de apoio aos jovens. Faça uma explicação sobre as Leis de Newton e as fórmulas do movimento. Traga as leis da física para o mais próximo da realidade possível. Use a historinha que segue ou utilize outra que seja adequada.



É sempre importante verificar qual o nível de aproximação, resistência ou paixão que cada jovem tem pela física que, muitas vezes, infelizmente, é apresentada na escola como algo difícil e teórico. Fale de sua bem sucedida relação com a disciplina e seus conhecimentos, passando uma idéia positiva da disciplina e explicitando o sentido que ela dá à compreensão do mundo.

A Física, aparentemente, está distante de nós, mas concretamente vivenciamos no cotidiano os efeitos de suas leis. Embora muitos a chamem de teórica, ela é uma ciência eminentemente prática, sobretudo quando nos referimos à física clássica. Neste caso, também, a denominação não ajuda, pois, no senso comum, clássico é o que é antigo, muito rebuscado, ou que está longe de nós.

Ocorre que a física clássica também trata de coisas muito próximas.

Por exemplo, quando andamos de bicicleta, estamos nos deslocando de um lugar para outro. Se andamos no asfalto plano, não precisamos fazer tanta força como quando subimos um morro. Você já viveu esta situação? Isso se explica através da física. Neste simples exemplo, é possível encontrar as 3 Leis de Newton:

A **Primeira Lei de Newton** é a da Inércia, e diz que todo corpo tende a ficar em repouso ou permanecer em movimento, com a mesma velocidade, se nenhuma força for aplicada sobre ele. Isso significa que, se pararmos nossa bicicleta para conversar com uma amiga e ninguém nos empurrar, permaneceremos parados. Se estivermos andando na calçada lisinha e não frearmos, continuaremos andando. É simples assim.

A **Segunda Lei de Newton** diz que somente uma força consegue mudar a velocidade de um corpo, e que esta mudança depende da massa do corpo. Portanto, se quisermos andar mais depressa com nossa bicicleta, precisamos fazer mais força com as pernas nos pedais. Se estivermos levando alguém na garupa, a força será muito maior.

A **Terceira Lei de Newton** diz que toda a ação provoca uma reação de igual intensidade e sentido contrário. Se, enquanto estivermos parados, alguém empurrar a bicicleta para a frente, esta pessoa vai perder o equilíbrio e cairá sentada, pois sofrerá a reação da força em sentido contrário.



Passo 2 / Trabalho em grupos



10min

Aproximando a física do cotidiano da fábrica

Reúna os jovens em grupos de 4 e solicite que descrevam situações onde sejam observadas estas 3 Leis. Sugira que pensem em situações que possam estar ligadas à fábrica. Dê algum exemplo para orientar o pensamento dos jovens.

Distribua o texto de apoio para leitura extraclasse.



Leis fundamentais da mecânica

A medição de tempo e distância possibilita o cálculo de outras grandezas, como velocidade e aceleração. Estas grandezas, quando associadas à massa de um corpo, nos possibilitam prever, em muitas situações, o comportamento do corpo. As leis fundamentais da mecânica, conhecidas como Leis de Newton, e as leis do movimento, são função da massa, tempo, distância e variação da velocidade de um corpo.

A massa de um corpo é definida como a quantidade de matéria desse corpo, unida de tal forma que se comporta como uma unidade. Portanto, a massa de nosso corpo é o conjunto de nossos órgãos, ossos, músculos e assim por diante.

Cada corpo possui uma determinada massa. Temos por definição que força é a propriedade de produzir uma aceleração em um corpo, com uma determinada massa. A força da gravidade (atração da massa de um corpo pela massa do planeta Terra) nada mais é do que uma aceleração provocada em cada corpo próximo da Terra. A força e a aceleração são grandezas vetoriais, com módulo, direção e sentido. Ao nível do mar, a aceleração possui módulo de $9,8 \text{ m/s}^2$, direção vertical e sentido para baixo.

Sendo assim, como se explica que não sejamos “sugados” para o centro do planeta?

A **Terceira Lei de Newton** diz que toda a ação provoca uma reação de igual intensidade (módulo) e sentido contrário. Isso significa que atraímos a terra com a mesma força que ela nos atrai, e empurramos o solo com a mesma força que ele nos puxa para baixo.

O universo é feito de matéria, onde agem forças que provocam acelerações. Este é o princípio gerador de todas as formulações da mecânica.

A **Primeira Lei de Newton** – Lei da Inércia – diz que todo corpo tende a ficar em repouso ou permanecer em movimento, com a mesma velocidade, se nenhuma força for aplicada sobre ele. Se entendermos que toda força provoca aceleração em um corpo, e que a aceleração é a variação da velocidade, não é preciso ser um gênio para chegar à conclusão de que Isaac Newton chegou (e ele era um gênio) quando formulou esta lei.

A **Segunda Lei de Newton** diz que somente uma força consegue mudar a velocidade de um corpo, e que esta mudança é dependente da massa do corpo. Se nenhuma força age sobre o corpo, ele tende a continuar com a mesma velocidade (se estiver se deslocando) ou tende a ficar imóvel se este for seu estado inicial.

Se soubermos a velocidade inicial de um corpo, a força resultante que age sobre ele e sua trajetória (direção e sentido), poderemos prever o que acontecerá no futuro com este corpo.

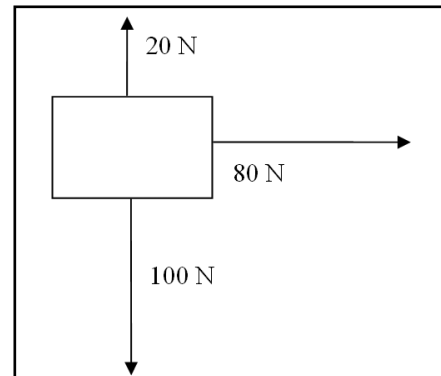
Abaixo temos as principais fórmulas do movimento:

$F = m \cdot a$ (força é igual à massa vezes a aceleração).

$x = x_0 + vt$ (o deslocamento depende da posição inicial, mais a velocidade de deslocamento num determinado tempo) – **MRU**.

$x = x_0 + v_0t + at_2$ (o deslocamento depende da posição inicial mais a velocidade inicial multiplicado pelo tempo transcorrido, mais a aceleração imposta ao corpo multiplicada pelo quadrado do tempo) – **MRUV**.

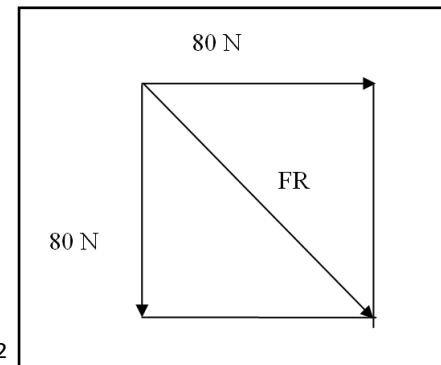
Portanto, se soubermos a massa de um corpo e a força resultante que atua sobre ele, poderemos prever seus movimentos. Acontece que, muitas vezes, não existe uma única força que atua sobre o corpo. Entretanto, o corpo se comportará como se apenas uma força estivesse agindo sobre ele, e a esta força denominamos força resultante. Um método eficaz de calcular a força resultante (e fácil de usar se temos acesso a um computador com algum software de desenho instalado) é o método descritivo. Imaginemos a situação abaixo:



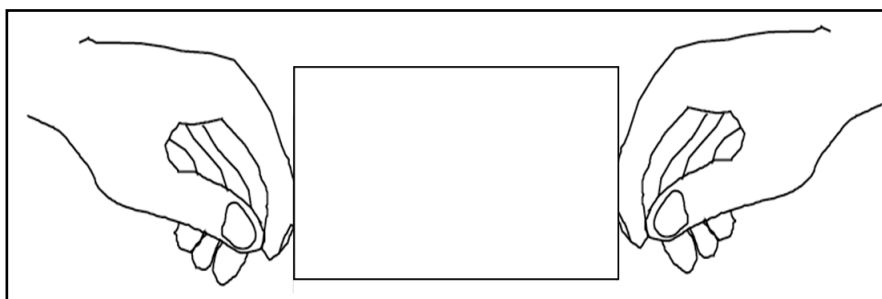
O corpo está sob a ação de três forças com módulos e sentidos diferentes. Entretanto, as forças de 100N e 20N possuem a mesma direção e sentidos opostos. Neste caso, teremos a resultante destas duas forças como uma força de 80N com direção para baixo (100N para baixo menos 20N para cima resulta em 80N para baixo). E a outra força? Ela comporá a força resultante com esta "nova" força de 80N, só que em outra direção e sentido. Temos duas forças perpendiculares (90°) agindo no corpo. Intuitivamente, podemos dizer que o corpo vai se mover na diagonal, com uma inclinação de 45° no sentido horário em relação à linha horizontal. Se pudéssemos desenhar um retângulo, em escala, representando estas duas forças, a diagonal do retângulo equivaleria ao módulo da força resultante. Se tivéssemos um software gráfico à disposição, ou mesmo uma folha de papel, régua e esquadro, poderíamos desenhar esta figura e chegaríamos ao valor do módulo da força resultante. Podemos utilizar também a Fórmula de Pitágoras, que diz que a diagonal de um triângulo retângulo é igual à raiz quadrada da soma do quadrado dos catetos, ou seja:

$$FR = ((80^2 + 80^2))^{1/2} \text{ N}$$

$$FR = 113,1 \text{ N}$$



Temos ainda um outro conceito derivado dos anteriores: se os eixos das forças atuantes no corpo não se encontrassem em algum ponto, o objeto sofreria a ação de um conjugado de forças, também conhecido como momento de forças, que provocam o movimento de rotação no corpo em que atuam. Ou seja, se as forças não estivessem no mesmo eixo, elas fariam com que o corpo girasse. Imaginemos a seguinte situação:



As duas mãos estão fazendo esforços em sentido contrário, e os esforços não estão acontecendo na mesma linha. O objeto girará pela ação da força aplicada pelas duas mãos. Isto só é possível de acontecer se tivermos a ação de duas forças não alinhadas, atuando em sentidos opostos.



Passo 3 / Exercício



10min

Proponha a resolução do exercício que segue (escreva no quadro). Enquanto os jovens trabalham, observe o que fazem e reporte-os sempre ao texto de apoio.

Exercício – Uma nave espacial está parada no espaço e liga seus foguetes. Ela possui uma massa de 25.000 kg. Seus foguetes atuam por 10 segundos, provocando uma aceleração de 50 m/s^2 . Pede-se:

- a) Qual a velocidade inicial da nave?
- b) Qual a força que atuava na nave quando os foguetes foram ligados?
- c) Qual a velocidade final da nave?
- d) Quantos metros a nave se deslocou nos primeiros 10 segundos?
- e) Qual a velocidade média da nave nos primeiros 10 segundos?
- f) Qual a força de reação da nave sobre os foguetes?
- g) Faça um gráfico da velocidade da nave nos primeiros 20 segundos.



Passo 4 / Resolução dos exercícios



10min

Com o auxílio dos jovens, resolva o exercício, esclarecendo dúvidas e questionamentos.

Gabarito

- a) zero m/s
- b) zero kgf
- c) 500 m/s
- d) 2500 m
- e) 250 m/s
- f) 1250000 kgf
- g)

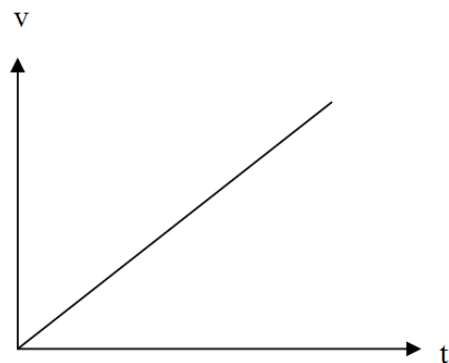


Fig. 4

Segunda Aula

Nesta aula, serão pesquisadas na fábrica situações que envolvem os conceitos de força e deslocamento.

Força e deslocamento: aplicações práticas I



Passo 1 / Exposição teórica



10min

Oriente os jovens a procederem à pesquisa, e à produção do painel, conforme os passos descritos a seguir. Chame a atenção sobre o conceito de “fato físico”, que é todo o fenômeno que acontece e pode ser explicado por uma lei da física, como o amassamento do pneu de uma empilhadeira quando esta suspende uma carga – Lei da Ação e Reação, ou o fato de uma transpaleteira, carregando um palete pesado, precisar ser puxada com força para começar a se movimentar e ser parada também com força – lei da inércia.



Passo 2 / Trabalho de campo em grupo



40min

Separe a turma em cinco grupos de quatro membros. Cada grupo pesquisará, na linha de produção da fábrica, um fato físico que fundamente o funcionamento de uma máquina ou equipamento, envolvendo força e/ou deslocamento. Após, cada grupo produzirá um painel sobre sua pesquisa e o apresentará para os colegas.

Distribua o texto de apoio que segue.



Deve-se orientar os jovens com relação à segurança de operação de equipamentos e uso de equipamentos de proteção individual e coletiva nos locais que irão freqüentar, antes de serem levados aos locais das práticas.



Roteiro para confecção do painel

Primeiramente identifique os equipamentos da fábrica que possuem movimento (empilhadeira, elevador, esteira de transporte, guincho, caminhão), com a finalidade de perceber alguma relação com as Lei de Newton (o caminhão se movimenta pela força do motor, o elevador pela força da máquina de tração; assim como o guincho, a esteira de transporte fica mais lenta se está muito carregada; a empilhadeira, quando eleva alguma carga, fica com os pneus mais amassados, assim como os do caminhão).

A finalidade desta observação é despertar a percepção do mundo que o cerca, a partir de conhecimentos científicos. Isso desencadeia uma postura mais ativa, pois coisas que até então passavam despercebidas, agora fazem sentido e permitem buscar explicações mais complexas para os fenômenos do cotidiano que, na maioria das vezes, são de ordem física. Reconhecer as propriedades físicas permite antecipar, prever e evitar acidentes, otimizar o uso de máquinas e equipamentos, melhorar o desempenho no trabalho, reduzir retrabalho, etc.

O relato das observações deve ser descritivo, processual e sistemático. É importante que o fenômeno seja registrado da forma como ele é percebido: com detalhes, numa seqüência cronológica ou outra que faça sentido. Recorra a vários meios de registro, como escrita, fotos, imagens, história em quadrinhos, registrando também a fonte onde o material foi obtido.

Colhidos os dados, inicie a confecção do painel que deverá conter:

- a)** Especificação da máquina ou equipamento escolhido para pesquisa;
- b)** Descrição dos fenômenos físicos observados;
- c)** Inclusão dos principais conceitos (Leis da Física) e imagens (figuras que representem o que foi observado).

Terceira Aula

Nesta aula os jovens concluirão a confecção do painel e farão a apresentação para o grande grupo.

Força e deslocamento: aplicações práticas II



Passo 1 / Trabalho em grupo



10min

Peça aos jovens que concluam o painel, revisem o material e preparem a apresentação.



Passo 2 / Apresentação dos grupos



40min

Organize a apresentação dos painéis distribuindo o tempo entre o grupos.

Incentive-os a compararem as observações feitas e, ao final realize uma breve avaliação da atividade.

2 Sistema Estrutural

Introdução

“Na sua expressão mais simples, um automóvel é uma viga suportada em cada extremidade por rodas, pelo que deve ser suficientemente forte para não dobrar na parte central, isto é, deve ser resistente à flexão.” [1]

Mas um automóvel deve preencher outros pré-requisitos, entre os quais ser resistentes aos esforços de torção, provocados pelas irregularidades do pavimento, tais como o impulso das molas e pequenos embates.

Para além de ser resistente, a carroçaria de um automóvel deve não só proporcionar espaço para os ocupantes do automóvel e para as bagagens, mas também protegê-los em caso de acidente.

“Uma carroçaria demasiadamente rígida absorverá pouca energia resultante do impacto numa colisão, aumentando, assim, a que é transmitida para os ocupantes do veículo. Por outro lado, uma carroçaria demasiadamente fraca pode abater-se sobre estes.” [1]

Antes da sua aprovação para o processo produtivo, são exigidos testes de resistência, testes destrutivos e de impacto (*crash test*), onde poderão ser detectados possíveis pontos que necessitem de reforços estruturais.

Assim, para que uma estrutura seja resistente, garantido a segurança dos passageiros, e, simultaneamente, pouco pesada, de forma a otimizar o consumo de combustível, os materiais que a compõem devem ser utilizados com um máximo de eficiência.

Assim, por estas mesmas razões (entre outras), iremos abordar o modo de fabrico de uma carroçaria, peça fundamental para a integridade de um veículo automóvel.

1. Carroçaria: o que é?

A carroçaria é uma estrutura que envolve o veículo e define a sua forma. Poder-se-á, então, inferir que se trata do “esqueleto” do veículo. A carroçaria, para além da sua função estrutural, tem como função o suporte de todas as componentes do veículo, como, por exemplo, o motor.

Assim, habitualmente, a carroçaria compreende o cofre do motor, o habitáculo de passageiros e o porta-bagagens.



Figura 1: Divisões do veículo compreendidas pela carroçaria ^[2]

2. Evolução

Os engenheiros responsáveis pelo fabrico de carroçarias não eram conservadores na hora de fazer modificações na estrutura e nos materiais utilizados. Contudo, praticamente todas as estruturas de carroçarias utilizadas nos nossos dias foram experimentadas até 1920.

Em 1984, a Volvo anunciou o uso de epóxi (uma resina) para juntar as diferentes partes da carroçaria, diminuindo assim os espaços vazios entre os componentes. Mas a Volvo não foi a primeira empresa a usar cola para este propósito. De 1898 a 1904, os engenheiros responsáveis pela carroçaria usavam caseína para juntar as partes de madeira, como nos *Cadillac*, *Columbia*, *Locomobile* e *Peerless*.



Figura 2: 1928 Locomobile ^[3]

Os eventos mais revolucionários no desenvolvimento da carroçaria foram a transição da utilização de madeira para o metal e o desenvolvimento de vernizes de secagem rápida.

A utilização de painéis de madeira nos primeiros carros restringia os designers, porque a madeira só pode ser aquecida e dobrada em curvas simples, o que tornava todos os carros iguais.

Quando o aço e o alumínio começaram a surgir, em 1900, os modelos dos carros começaram a mudar, assim como houve aperfeiçoamentos ao nível das técnicas de trabalhar os metais.

O primeiro carro construído, nos EUA, com carroçaria em aço foi o *1901 Eastman Steamer*. O primeiro a ser construído em alumínio foi o *1902 Marmon*. Ambos foram construídos em madeira, onde foram embutidos painéis de metal.

A combinação de madeira e de painéis de metal durou aproximadamente 10 anos. Depois, com a crescente utilização do aço, fizeram-se combinações entre este e madeira garantindo assim uma grande rigidez à carroçaria. Um bom exemplo dum carro com estas características será o *1911 Hupmobile*.

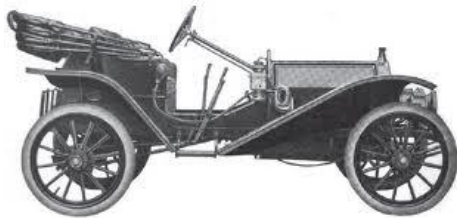


Figura 3: 1911 Hupmobile ^[4]

A partir de 1900, surgiram os primeiros carros totalmente fechados. Contudo, o preço constituía um grande problema: eram vinte por cento mais caros que os carros abertos. Os sedan, outro nome dado aos carros totalmente fechados, começaram a ficar mais baratos após o fim da Primeira Grande Guerra.

Em 1919, a Dodge criou o primeiro “sedan” com a carroçaria toda em aço.

O verniz de secagem rápida surgiu em 1924, e foi o grande propulsor da produção de automóveis em massa. Até aí, todas as carroçarias eram pintadas com tintas que duravam dias a secar. ^[5]

3. Tipos de carroçaria

3.1) Classificação quanto à estrutura

A estrutura de uma carroçaria pode ser dividida em dois grupos distintos, de acordo com o formato e a função dos vários elementos constituintes.

- A) Estrutura tipo chassis
- B) Estrutura tipo monobloco

No primeiro caso (estrutura tipo chassis), a resistência estrutural é dada pela base de suporte da carroçaria.

No último caso (estrutura tipo monobloco), os próprios elementos estéticos da carroçaria já fazem parte da estrutura, conferindo resistência ao automóvel.

Ambas as estruturas serão, de seguida, abordadas.

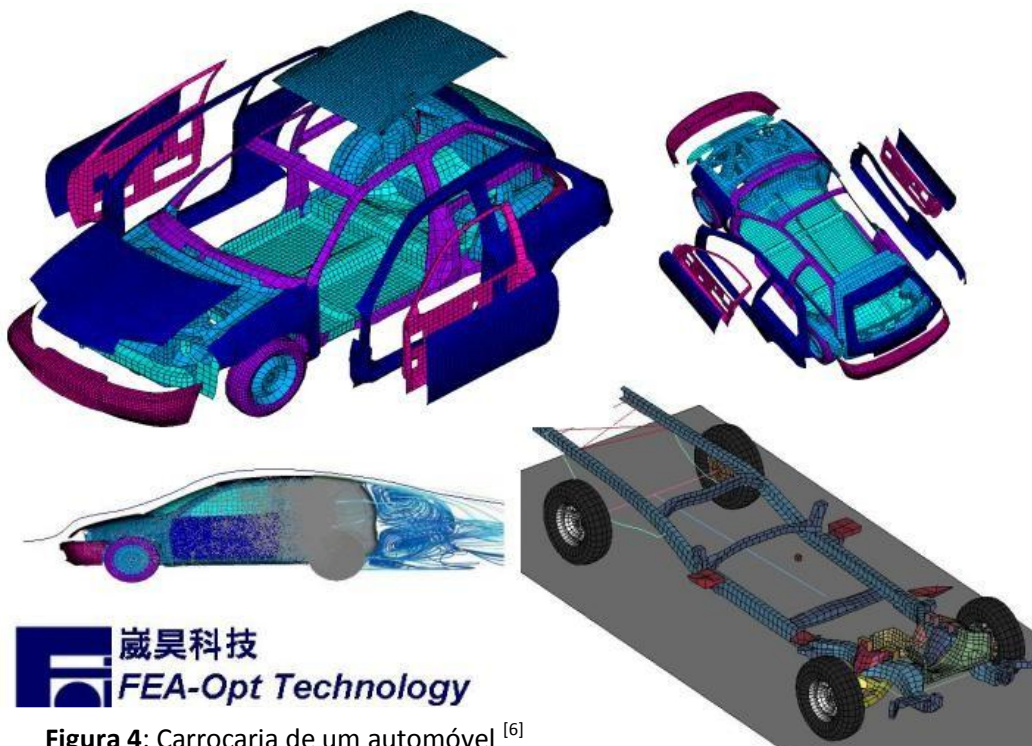


Figura 4: Carroçaria de um automóvel ^[6]

A) Estrutura tipo chassis

O chassis tem como função assegurar a ligação dos vários elementos que constituem o veículo, assim como o objectivo de suportar a carroçaria e a carga.

Por ser sujeito a diversos esforços mecânicos, deve apresentar uma elevada rigidez.

Desta forma, o chassis deve preencher alguns requisitos. Entre eles encontram-se o ser fabricado em materiais de boa resistência à fadiga, o possuir uma forma que apresente resistência à deformação e o ter um peso relativamente pequeno, de forma a manter o valor da relação peso-resistência baixo.

Por todas estas razões, o chassis é geralmente feito em chapas de aço de boa qualidade, com baixo teor em carbono e com forma de U ou duplo T. ^[7]

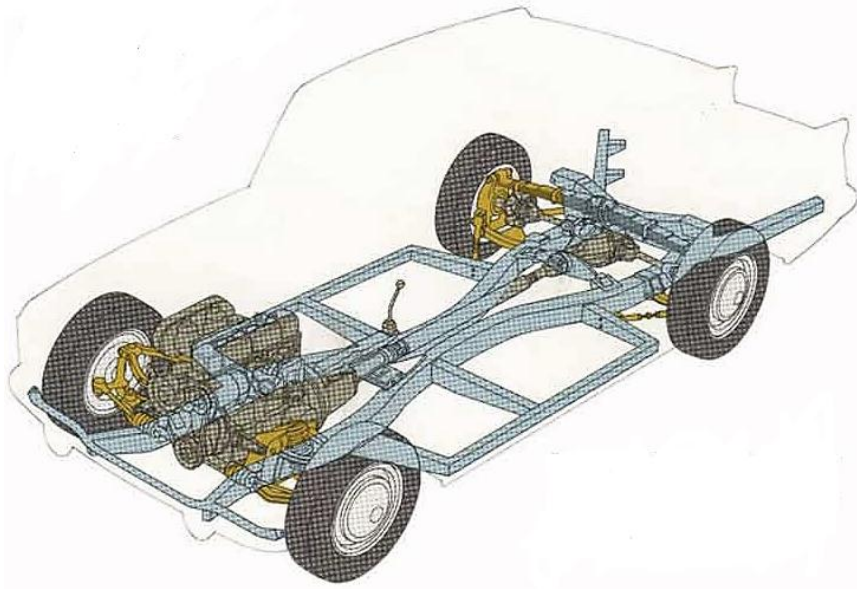


Figura 5: Estrutura tipo chassis ^[7]

B) Estrutura tipo monobloco

A estrutura monobloco, constituída por peças prensadas soldadas entre si, funciona como uma unidade.

Este tipo de carroçaria possui uma resistência mecânica que pode suportar o peso dos diversos grupos que constituem o veículo e as solicitações provocadas pelo movimento deste.

O teto reforça o conjunto por meio de colunas de apoio e painéis laterais que o unem ao piso. Desta forma, a resistência à torção é proporcionada sobretudo pelos anteparos, estruturas reforçadas existentes à frente e atrás do compartimento destinado ao motorista e aos passageiros, assim como pelo conjunto formado pelos pára-lamas e teto unidos pelas colunas dos pára-brisas e laterais. ^[8]

Nas construções deste tipo a função do chassis combina-se com o pavimento da carroçaria, devidamente reforçado e moldado. Deste modo nasce uma estrutura única, à qual se aplicam diretamente, ou com a interposição de órgãos elásticos próprios, o motor e os outros grupos do veículo.

A carroçaria monobloco apresenta a vantagem de uma maior simplicidade de fabrico e de uma maior rigidez e leveza, quando comparada com a estrutura do tipo chassis.

Uma estrutura do tipo monobloco tem as suas desvantagens quanto ao custo de fabrico. Esta exige investimentos consideráveis em maquinaria de estampagem, que serão apenas justificáveis no caso de uma produção em grande escala. Como os painéis fazem parte de um conjunto, em caso de acidente, a reparação será muito dispendiosa, pois toda uma secção da carroçaria poderá ter de ser cortada e substituída por uma secção muito maior do que a danificada. ^[8]

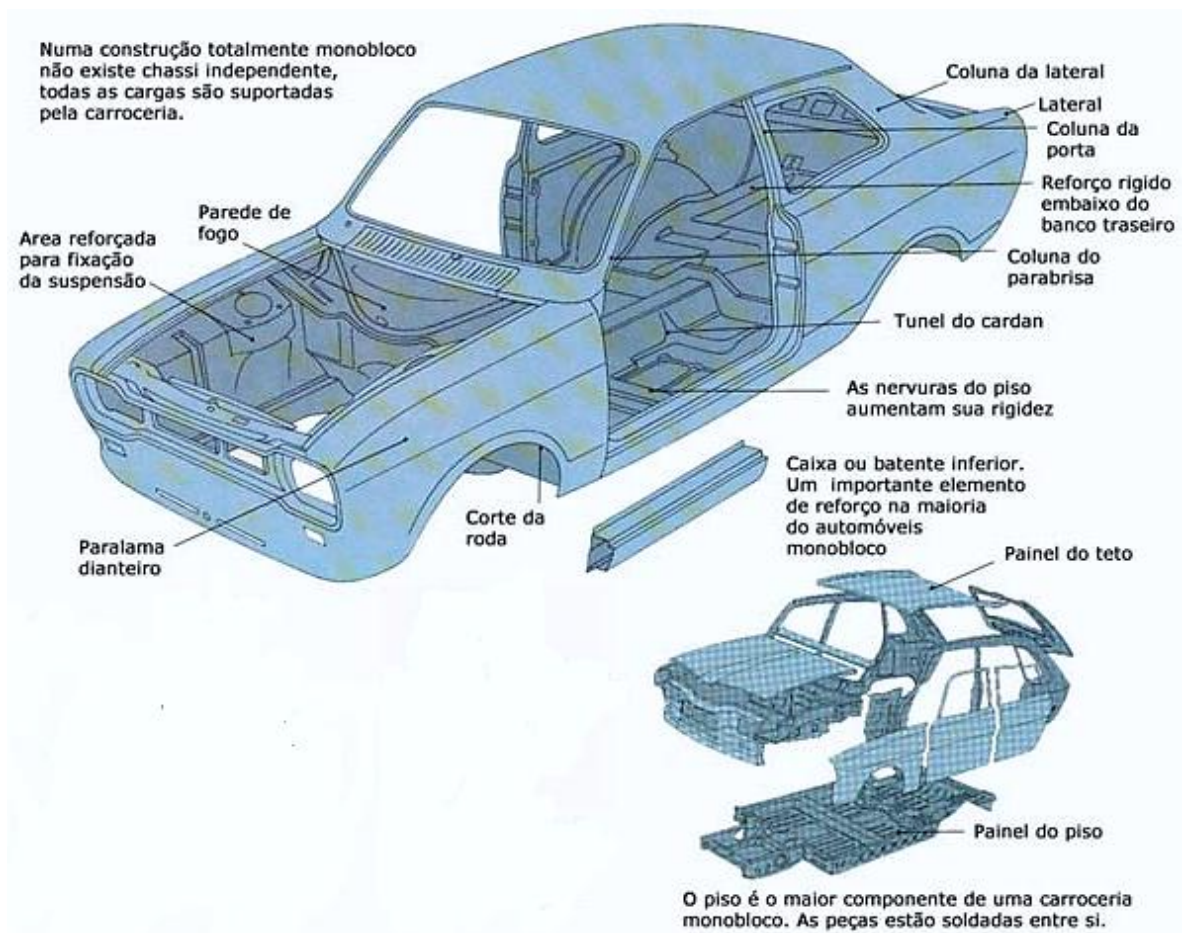


Figura 6: Estrutura tipo monobloco ^[8]

3.2) Classificação quanto à forma

Os modelos de veículos atualmente comercializados podem dividir-se em diversos tipos de carroçaria, dependendo da forma que adoptam.

A) Hatchback

Denominam-se *hatchback* os automóveis que possuem a mala integrada ao habitáculo dos passageiros, bancos de trás rebatíveis e a tampa da mala a englobar a janela de trás. Chamam a atenção pela sua traseira terminar com um corte um pouco abrupto, com apenas dois "volumes" identificáveis lateralmente (compartimento do motor e habitáculo dos passageiros).



Figura 7: Hatchback ^[9]

B) Sedan

Um sedan é um carro com duas filas de bancos, com um espaço considerável no banco de trás para três adultos, e um compartimento traseiro, geralmente para bagagens.

Atualmente, é o formato que a maioria das pessoas associa ao de um carro moderno.

C) Três volumes

Este é o formato mais comum e clássico de sedan. Chama a atenção pelo seu formato característico de três "degraus" facilmente identificáveis, quando visto de lado.



Figura 8: Sedan Três Volumes ^[10]

Alguns exemplos conhecidos serão o *Chevrolet Opala* e o *Volkswagen Voyage*.

D) Carrinhas

As carrinhas são geralmente automóveis derivados de hatchbacks ou sedans e são, na sua maioria, as maiores versões nestas linhas de automóveis. São basicamente sedans cujo habitáculo se estende sobre o porta-malas. Consideradas versões mais familiares, estas possuem uma capacidade de bagagem muito grande.



Figura 9: Carrinha ^[11]

E) Coupé



Figura 10: Coupé ^[12]

Considera-se um coupé, um carro desportivo com três volumes, duas portas e dois lugares. Oficialmente, o que difere um coupé de um hatchback ou de um sedan é o volume interno. Exemplos clássicos serão os *Porsche356* e *911*.

F) Roadster

Os roadsters genuínos são carros desportivos de dois lugares.



Figura 11: Roadster ^[13]

G) Todo-o-terreno

Exemplos de veículos todo-o-terreno são os jipes ou os off-roads. Trata-se de veículos feitos para serem resistentes às estradas e terrenos complicados e motores potentes.



Figura 12: Todo-o-terreno ^[14]

H) Van

As vans são veículos projetados para carregar o maior número possível de pessoas mantendo uma plataforma que possa ser considerada de um automóvel. Variam em tamanho e forma, mas geralmente são parecidas com pequenos autocarros, com carroçarias que valorizam o aproveitamento do espaço em detrimento do estilo.



Figura 13: Van ^[15]

I) Furgões

As vans também dão origem a furgões, destinadas exclusivamente ao transporte de cargas. O formato externo do veículo permanece muito semelhante ao das vans, diferindo apenas nos vidros laterais, que são eliminados.



Figura 14: Furgão ^[16]

J) Mini Vans

Surgidas nos anos oitenta, são veículos que geralmente compartilham a plataforma com um carro de passeio. Possuem um amplo espaço interno, área envidraçada generosa (para contribuir com a sensação de espaço) e bancos rebatíveis. Bons exemplos são a *Renault Scenic*,



Figura 15: Mini Van ^[17] *Chevrolet Zafira* e o *Citroën Picasso*.

K) Crossovers

O termo “crossovers” aplica-se a qualquer carro urbano com características de veículos todo-o-terreno.

4. Elementos de uma carroçaria

As carroçarias possuem dois tipos de elementos, quanto à função que desempenham: os elementos estruturais e os elementos de revestimento.

Os elementos estruturais (internos quanto à sua posição) fazem parte da estrutura resistente às solicitações de flexões e de torção, servindo também de suporte aos vários órgãos mecânicos.

Os elementos de revestimento (externos) são as partes que dão forma ao veículo, como, por exemplo, o teto.

Quanto ao modo de fixação, as carroçarias possuem elementos fixos soldados (reforço frontal do habitáculo, por exemplo) e elementos amovíveis (capot, tampa da mala, entre outros).^[18]

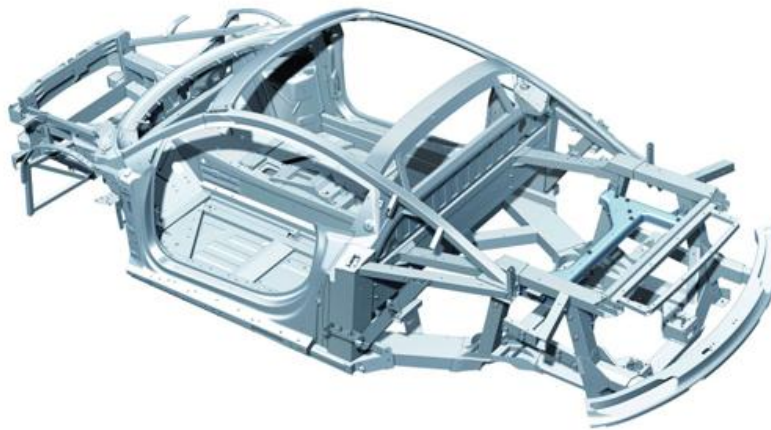


Figura 16: Elementos estruturais^[19]



Figura 17: Elementos de revestimento^[20]

5. Materiais

A escolha do material correto para a construção da carroçaria de um carro é um processo extremamente complexo, pois engloba a satisfação de diversos fatores, entre eles: a sua duração; a disponibilidade; o processo de fabrico e a fiabilidade do material, focando sempre o preço mínimo e o peso adequado, de maneira a não sacrificar o rendimento.

Atualmente os materiais mais utilizados na carroçaria são metálicos, como é o caso do aço, do alumínio e do magnésio. No entanto, para melhorar o rendimento do automóvel e a facilidade de construção, e para diminuir o desperdício de combustível, tem-se vindo a apostar na utilização de múltiplos materiais: como as cerâmicas, os compósitos e os polímeros. ^[21]

A) Aço

O aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagens deste último variando entre 0,008 e 2,11%. Esta liga é a principal componente dos automóveis, sendo responsável por 66% do peso do mesmo: é utilizado desde as componentes mais pequenas até às maiores, como a própria estrutura do carro.

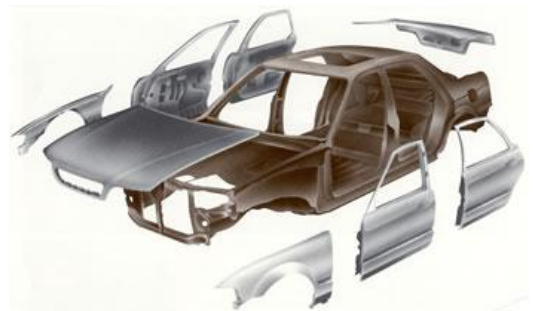


Figura 18: Revestimento do automóvel em aço ^[22]

A massiva utilização deste componente na carroçaria automóvel deve-se a um conjunto de fatores, entre eles:

- ✓ Facilidade de acesso à matéria-prima;
- ✓ Baixo custo;
- ✓ É o metal mais reciclado no mundo;

- ✓ Processos de produção altamente mecanizados e robotizados;
- ✓ Características mecânicas e tecnológicas ideais para as necessidades estruturais do veículo e para os processos de fabrico.

A sua grande e variada utilização leva, inevitavelmente, à criação de inúmeros tipos de aço, de modo a adaptar as suas características ao objetivo da estrutura. Entre eles:

Aços de baixa resistência (*Low Strength Steel*)

- ✓ Resistem a uma tensão entre os 180 e os 300 MPa;
- ✓ Possuem variados elementos de fortalecimento;
- ✓ Maleáveis;
- ✓ Baixo preço.

Aços de alta resistência (*High Strength Steel*)

- ✓ Baixas percentagens de carbono;
- ✓ Resistem a uma tensão entre 270 a 550 MPa;
- ✓ Fáceis de soldar;
- ✓ Maior resistência à corrosão;
- ✓ Fácil acesso.

Aços avançados de alta resistência (*Advanced High Strength Steel*)

- ✓ Resistem a uma tensão entre 500 a 1000 MPa;
- ✓ Boa absorção de energia;
- ✓ Baixa densidade;
- ✓ Elevada resistência à fadiga;
- ✓ Preço elevado. ^[23]

Diferenças entre HSS e AHSS:

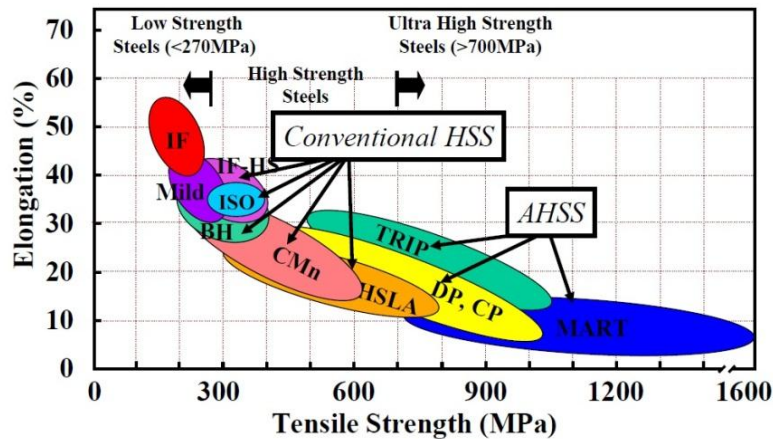


Figura 19: Gráfico que relaciona a tensão (MPa) com a elongação percentual dos diferentes tipos de aço. ^[24]

Através do gráfico da Figura [19] conclui-se que os aços de alta resistência são extremamente dúcteis, mas não resistem a tensões superiores a 700 MPa. No entanto, os aços avançados de alta resistência conseguem aliar máxima ductilidade (conseguem alongar-se numa percentagem superior) à máxima resistência (suportam tensões superiores). Tal acontece devido à microestrutura dos AHSS, estes são compostos por uma matriz ferrítica dúctil – 80 a 85% do composto - e por uma fase descontínua de martensite ou austenite (consoante o tipo de aço), sendo esta extremamente dura. Quando ocorre a deformação do aço, a tensão é acumulada nas zonas de menor resistência da matriz de ferro, ou seja, em torno das zonas fortes do minério permitindo que o material absorva melhor a energia e não quebre.

B) Alumínio

Devido às suas características, o alumínio tem suscitado o interesse da indústria automóvel, afirmando-se como o segundo metal mais utilizado na construção dos automóveis.

Audi TT Roadster

Rohkarosserie

Structure

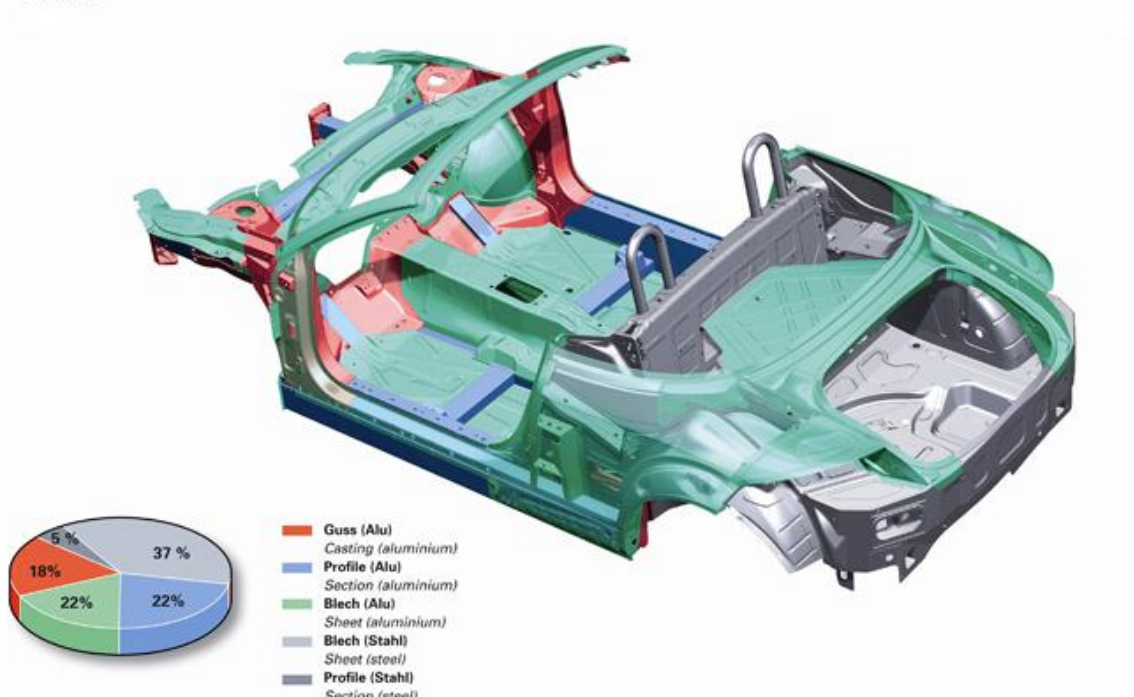


Figura 20: Carroceria do Audi TT Roadster – maioritariamente composta por alumínio. ^[25]

As características que tornam este metal tão adequado à indústria são:

- ✓ Abundância – Elemento metálico mais abundante na crosta terrestre;
- ✓ Peso reduzido – Permitindo a construção de carros mais leves e eficientes em termos de consumo;
- ✓ Boa formabilidade – É um material extremamente maleável, soldável e separável, permitindo uma variedade enorme de designs;
- ✓ Resistência à corrosão – O alumínio forma naturalmente um revestimento de óxido de alumínio impermeável que previne a oxidação. No entanto a resistência deste óxido tem que ser reforçada com revestimentos;
- ✓ Reciclagem – É um material que pode ser totalmente reciclado, diminuindo o desperdício. ^[26]

C) Alumínio vs Aço

TABELA COMPARATIVA ENTRE AS PRINCIPAIS PROPRIEDADES DO AÇO E ALUMÍNIO		
	Aço	Alumínio
Resistência à tração (kg/mm ²)	35-41	12
Limite Elástico (kg/mm ²)	23	10
Módulo de Elasticidade (kg/mm ²)	20.000	7.000
Elongamento (%)	25-37	11
Dureza (HB)	50-67	15
Resistência eléctrica específica (W mm ² /m)	0,13	0,02655
Condutividade térmica (W/m °K)	58	235
Coefficiente de dilatação linear (1/°K)	10×10^{-6}	$23,6 \times 10^{-6}$

Nota: Tendo em conta que determinadas propriedades dependem das condições ambientais, das adições ou modificações da sua estrutura, entre outros, os valores apresentados são apenas indicativos.

Figura 21: Tabela comparativa das características do alumínio e do aço. ^[27]

O aço continua a ser muito utilizado na construção da carroçaria de um automóvel, principalmente devido à sua resistência superior, o que faz com que lhe sejam incutidas deformações com mais dificuldade; à sua elasticidade, conseguindo recuperar mais facilmente a sua forma após a aplicação da tensão; à sua dureza, sendo que o alumínio é mais macio, é muito mais facilmente de cortar que o aço; à sua baixa condutividade térmica, o que facilita a sua fundição, sendo necessário menos quantidade de energia para uma mesma espessura; maior resistência eléctrica, tornando mais fácil a soldadura por resistência e, por fim, devido ao seu baixo coeficiente de dilatação linear, o que faz com que o alumínio se deforme mais facilmente quando sujeito a temperaturas mais elevadas. ^[28]

D) Magnésio

O magnésio é um metal aplicado na carroçaria automóvel em menor quantidade que os supra-referidos. No entanto representa uma boa aposta na indústria automóvel devido à sua baixa densidade, podendo proporcionar uma redução de peso do veículo de 22% a 70%. Atualmente, é utilizado para estruturas mais pequenas e detalhadas, porém, estão a decorrer investigações que visam a produção de ligas de magnésio com melhor qualidade.

Uma desvantagem na utilização deste material será o fato de não se poder moldar à temperatura ambiente, mas apenas a temperaturas na ordem dos 250°.

E) Compósitos

Os compósitos são estruturas em que dois ou mais materiais quimicamente distintos (metais, cerâmicos, polímeros) são combinados para produzir um novo material cujas propriedades não poderiam ser obtidas por utilização de materiais convencionais.

Estas estruturas são constituídas por, pelo menos, dois materiais: uma matriz ou fase contínua, que rodeia e liga o outro material, que se encontra disperso na matriz e que constitui a fase descontínua ou de reforço.

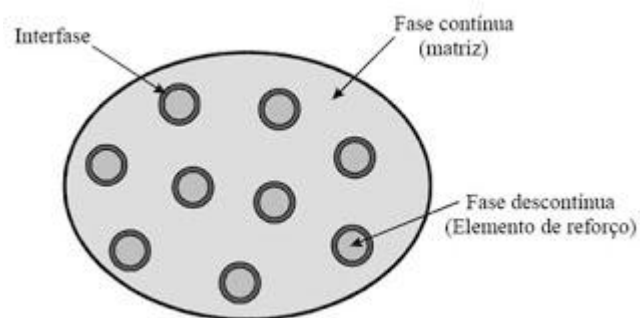


Figura 22: Constituição de um compósito ^[29]

Os compósitos mais utilizados na indústria automóvel são a fibra de vidro e a fibra de carbono.

a) Fibra de vidro

É um material composto por finíssimos filamentos de vidro altamente flexíveis dispersos numa base de poliéster (ou outra resina).



Figura 23: Manta de fibra de vidro ^[30]

A grande utilização deste material na carroçaria de um automóvel deve-se:

- ✓ Baixa densidade, não contribuindo para o aumento do peso da carroçaria;
- ✓ Fácil manuseamento, permitindo a criação de uma grande variedade de formatos e tamanhos;
- ✓ Excelente resistência à corrosão;
- ✓ Boa capacidade de amortecimento.

No entanto, este material tem uma resistência limitada, sendo extremamente fácil de danificar e não pode ser reciclado.

b) Fibra de carbono



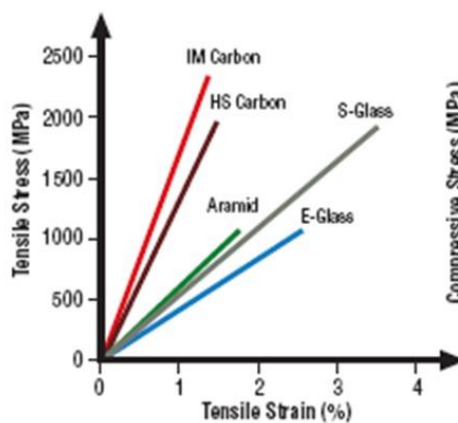
Figura 24: Carroçaria de *Lamborghini* totalmente em fibra de carbono ^[31]

A fibra de carbono é constituída por átomos de carbono reforçados por uma matriz de um polímero, normalmente a resina epóxi, no entanto também existem fibras em que é utilizado o poliéster ou o *nylon*. Este tipo de fibra, tal como a fibra de vidro, não pode ser reciclada.

Este material é utilizado devido:

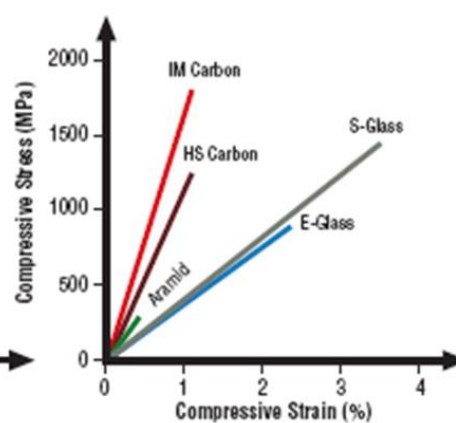
- ✓ À sua grande resistência mecânica e térmica;
- ✓ Grande resistência à água;
- ✓ Baixa densidade.

c) Fibra de vidro ou fibra de carbono?



Tensile Properties of U/D Prepreg Laminate

Figura 25: Relação entre a tensão aplicada ao compósito (MPa) e a seu alongamento. ^[32]



Compressive Properties of U/D Prepreg Laminates

Figura 26: Relação entre a tensão aplicada ao compósito (Mpa) e a sua compressão. ^[32]

Apesar da fibra de carbono apresentar melhor resistência que a fibra de vidro (figura [25, 26]), não é tão utilizada em carros utilitários devido ao seu preço elevado, o que torna pouco rentável a sua utilização; à dificuldade de arranjar equipamento necessário à sua produção - fazendo com que seja um material difícil de trabalhar - e à reduzida mão-de-obra especializada neste compósito.

F) A melhor solução

Devido às variadíssimas características dos materiais e às diferentes necessidades exigidas de uma carroçaria, é importante que esta seja extremamente multimaterial, permitindo que os materiais sejam aplicados de acordo com o objetivo a que são destinados.

O aço, como é a liga mais resistente, desempenha, na maioria das vezes, a função estrutural, já o alumínio, o plástico e as fibras, como são materiais mais leves e com boa capacidade de amortecimento, são utilizados para o revestimento do automóvel. Por fim, o magnésio, que ainda não desempenha um papel muito ativo na indústria automóvel, é apenas utilizado em alguns detalhes. ^[33]

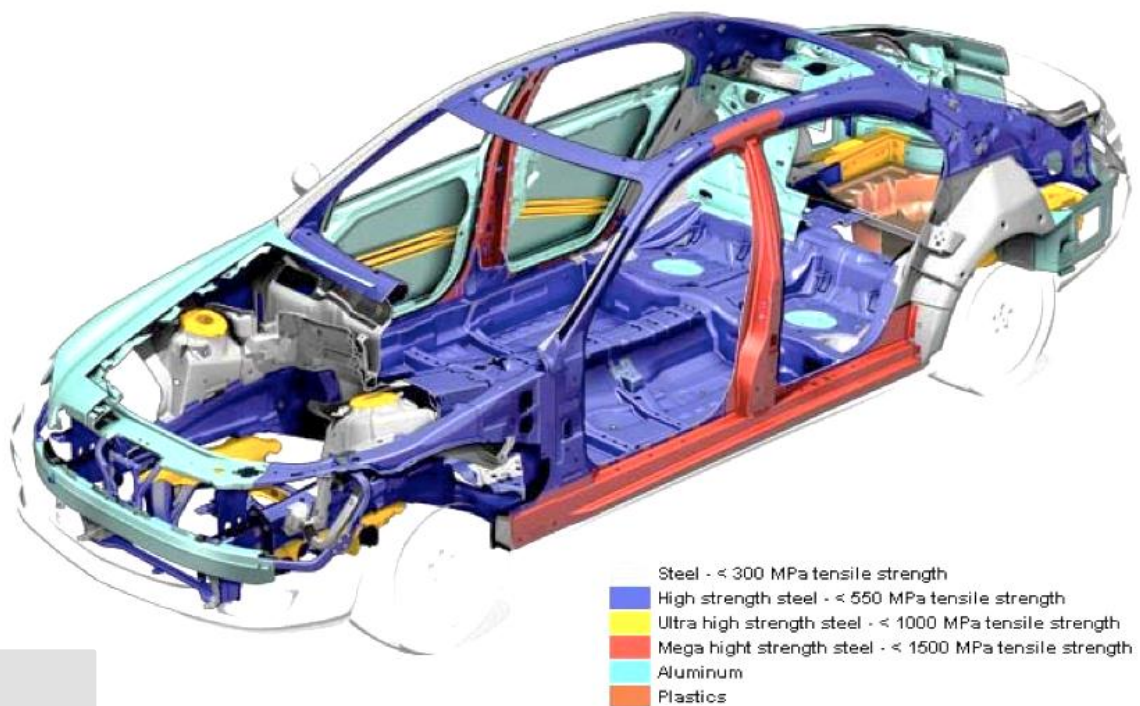


Figura 27: Tipos de materiais utilizados na estrutura de um veículo ^[34]

6. Processos de fabrico

6.1) Conformação plástica de chapas

A conformação plástica de chapas é um dos processos mais utilizados na formação de partes das carroçarias. Este método caracteriza-se por ser um processo em que existem modificações da forma de um corpo metálico para uma outra forma definida. Estas modificações de forma são provocadas por tensões externas exercidas sobre os corpos metálicos, por vezes a altas temperaturas, mas sem que exista liquefação do metal. As tensões externas aplicadas não costumam atingir o limite de resistência à rutura do material. ^[35]

Objectivos do processo

Este processo tem como objetivos a produção de chapas especificadas quanto:

- ✓ À sua dimensão e forma;
- ✓ Às propriedades mecânicas;
- ✓ Condições superficiais.

É preciso ter também em conta a sua velocidade de produção e o custo de produção.

Os processos de conformação plástica podem ser classificados quanto ao tipo de esforço predominante e à temperatura de trabalho, entre outros métodos de classificação.

Quanto aos tipos de esforço predominante, os processos podem ser por:

- ✓ Compressão direta: predomina a solicitação externa por compressão sobre a peça de trabalho;
- ✓ Compressão indireta: predominam as forças indirectas, ou seja, forças desenvolvidas pela matriz na peça;

- ✓ Tração: a peça toma a forma da matriz sobre a ação de forças de tração;
- ✓ Cisalhamento: envolvem forças cisalhantes suficientes ou não para romper o metal no seu plano de cisalhamento;
- ✓ Flexão: modificações de forma são obtidas mediante a aplicação de um momento fletor.

Quanto à temperatura do trabalho, estes processos podem ser:

- ✓ A frio: a esta temperatura há um aumento da resistência mecânica com a deformação plástica;
- ✓ A quente: a esta temperatura o encruamento é eliminado pela cristalização do metal.

Tipos de conformação plástica de chapas

A conformação plástica de chapas pode ser feita por:

- A)** Embutidura;
- B)** Estiramento;
- C)** Dobragem;
- D)** Corte.

A) Embutidura/ estampagem profunda

A embutidura é o processo de conformação pelo qual, com auxílio de uma punção, se leva uma chapa plana a entrar na cavidade da matriz, conformando a chapa num formato de um copo. ^[36]

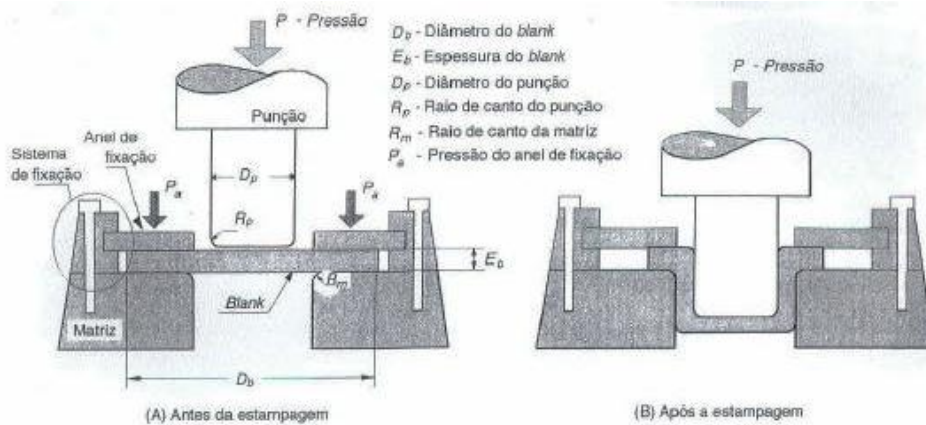


Figura 28: Estampagem profunda ^[37]

As condições de estampagem são típicas quando se parte de um esboço circular, ou disco, e se atinge a forma final de um copo.

Por este processo produzem-se pára-lamas, capôs, portas e outras peças como cartuchos e refletores parabólicos.

B) Estiramento de chapas

O estiramento de chapas define-se pela aplicação de forças de tração, de modo a esticar o material sobre uma ferramenta ou bloco. Neste processo, o gradiente de tensões é pequeno, o que garante a quase total eliminação do efeito mola. Como predominam tensões trativas, grandes deformações de estiramento podem ser exercidas apenas em materiais muito dúcteis.



Figura 29: Estiramento de chapas ^[39]

C) Dobragem de chapas

A dobragem é o processo em que a chapa sofre uma deformação por flexão em prensas que fornecem energia e movimentos necessários para tal operação. A forma da chapa é conferida mediante o emprego da punção e matrizes específicas até atingir a forma desejada.

Na dobragem de uma peça, os esforços são aplicados em duas direções diferentes para provocar a flexão e a deformação plástica consequente, mudando a forma de uma superfície plana para duas superfícies concorrentes, em ângulo, e formando, na junção, um raio de concordância das duas superfícies. Na parte interna da região de concordância, surgem esforços de compressão e, na externa de tração. A eventual fratura da peça ocorre na parte externa e o possível enrugamento na parte interna. ^[39]

D) Corte

O corte é a operação de cisalhamento de um material na qual uma ferramenta ou punção de corte é forçada contra uma matriz por intermédio da pressão exercida por uma prensa. Ao descer, o punção empurra o material para dentro da abertura da matriz.

Na realização de um componente, o processo de corte da chapa está sempre presente, uma vez que as operações de conformação plástica são sempre feitas a partir de um pedaço de chapa cortada, que se denomina disco ou esboço. ^[40]

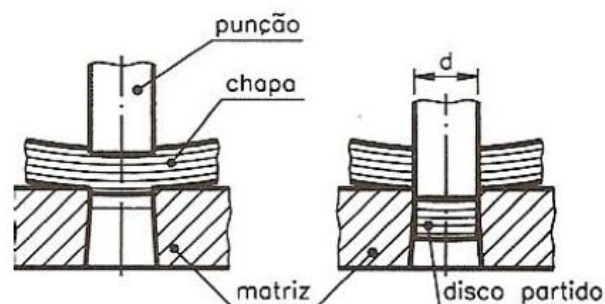
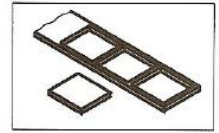


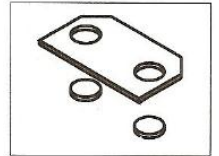
Figura 30: Corte ^[40]

Tipos de corte

- ✓ Corte simples: produção num formato qualquer a partir de uma chapa



- ✓ Puncionamento: corte que produz furos de pequenas dimensões



- ✓ Corte parcial: uma parte continua presa à chapa



- ✓ Corte de Rebarba: cortes de excedentes de materiais de uma peça que já passou por um processo de conformação

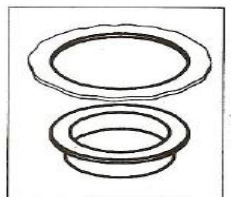


Figura 31: Tipos de Corte ^[41]

E) Controle do processo de conformação plástica dos materiais

O processo de conformação plástica de chapas metálicas é controlado por diversos fatores de caráter mecânico e metalúrgico.

Entre os fatores de natureza mecânica pode-se mencionar a forma e as dimensões da peça, a máquina de conformação (o tipo de prensa empregado), a forma e dimensões das ferramentas (punção e matrizes) e as condições de lubrificação. Esses fatores têm influência direta na definição dos estados de tensão e deformação existentes em cada instante do processo nas diversas regiões da peça em formação. O estado de tensão altera as condições de escoamento e, portanto, de comportamento plástico do material da peça.

Os fatores de natureza metalúrgica, relacionados com o material da peça, são a sua composição química e a sua estrutura, fatores estes que dependem, por sua vez, dos processos de fabrico e de laminação associados aos tratamentos térmicos de recozimento, que afetam as propriedades mecânicas do material da chapa que são de importância fundamental no seu comportamento na estampagem. ^[42]

6.2) Processos de ligação numa carroçaria

A) Soldadura

A soldadura é um processo de união de dois ou mais elementos metálicos, usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão. Deste modo, através do aquecimento do material, a temperaturas acima do seu ponto de fusão, com/sem a adição de material complementar, é possível unir as peças, não existindo a degradação das propriedades físicas das mesmas. ^[43]

O processo de ligação por soldadura é usado para montar e unir as componentes da carroçaria de maneira a que esta obtenha a forma e a função desejada, isto é, rigidez e segurança. É um método comum na indústria automóvel, tendo por isso bastantes aplicações.

Tipos de soldadura:

- a) Por resistência eléctrica**
- b) Outras (por arco eléctrico, MIG, MAG, Gás, etc)**
- c) Laser**

a) Soldadura Por Resistência Elétrica

A resistência eléctrica de um material é a capacidade que este tem para se opor/dificultar à passagem da corrente eléctrica, favorecendo a geração de calor.

A soldadura por resistência eléctrica é um método de soldadura por fusão, onde se unem dois metais através do calor produzido pela resistência ao fluxo da corrente eléctrica, combinando-se a aplicação de calor e pressão para se produzir o ponto de solda. Fisicamente, é aplicado no material o efeito de Joule, onde há libertação de calor pela passagem de corrente eléctrica muito intensa. ^[44]

✓ A ponto

Este tipo de soldadura é o mais utilizado no fabrico de carroçarias. As chapas são soldadas entre si através de porções específicas, isto é, por pontos de solda. Neste processo deve existir uma força entre as chapas a serem unidas, para que a corrente consiga prosseguir.

Neste método, é importante desenvolver calor suficiente para colocar a zona de união (sólida) num estado pastoso, quase líquido, não chegando a fundir. Posteriormente, o material é resfriado e colocado sob a pressão dos eléctrodos, até ficar com a resistência pretendida. [45]

Para haver a união de peças, são necessários equipamentos próprios, como por exemplo, as pinças de solda. Tais pinças são constituídas por hastes metálicas, designadas por “braços” (com boa condutividade eléctrica), com eléctrodos incorporados. Para se iniciar o processo de soldadura as hastes fecham-se, proporcionando uma determinada força no encontro das chapas (ponto específico). Aí inicia-se a passagem da corrente eléctrica (através dos eléctrodos), que, ao gerar calor, irá fundir o metal. A união ocorre com a fusão e solidificação do material no ponto de solda e, através de eléctrodos, formar-se-á o ponto de solda.

Assim, aproveitando a resistência que certos materiais oferecem à passagem da corrente eléctrica, é possível fundi-los em função do tempo de passagem dessa mesma corrente. Depois de fundidos aplica-se pressão até soldarem. [46]

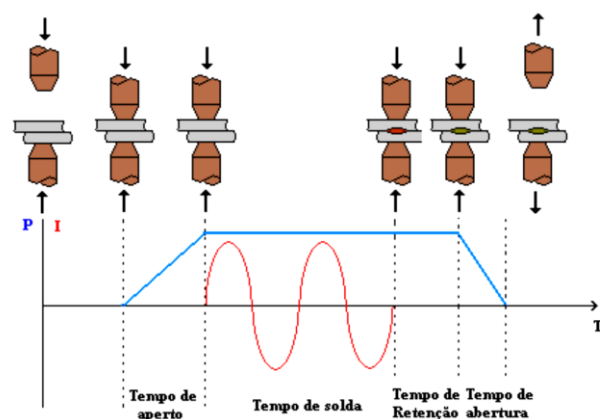


Figura 32: Ciclo de Soldadura [46]

Para se realizar uma soldadura a ponto: duas chapas ou mais, sobrepostas são pressionadas por elétrodos para garantir um bom contacto ^[46], como na Figura [32].

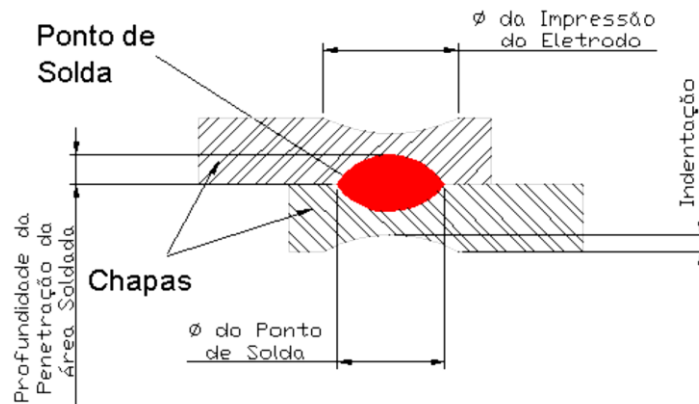


Figura 33: Ponto de Solda ^[46]

A resistência entre as chapas irá determinar a qualidade do ponto de soldadura.

✓ Por Costura

Este processo consiste em usar elétrodos constituídos por dois rolos. Estes rolam sobre as chapas sobrepostas e inicia-se a passagem de corrente elétrica. As camadas exteriores das chapas em contacto fundem, formando-se uma solda contínua, e não por pontos, denominada costura contínua de soldadura. ^[47]

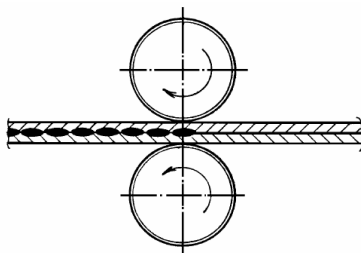


Figura 34: Soldadura por Costura ^[48]

b) Outras alternativas à soldadura por resistência elétrica ^[49]

✓ Soldadura a Arco Eléctrico

Ligação de metais por meio do calor produzido por um arco eléctrico, normalmente devido à diferença de potencial entre a peça e o arco. ^[50]

Dentro deste tipo de soldadura existem diferentes modos de atuar. Dois são:

- Soldadura Semi-automática MIG/MAG: combina as funções de eléctrodo e metal de adição, numa atmosfera de gás (atmosfera protetora)

MIG (Metal Inert Gas) - Utiliza-se um gás inerte (Argon, Hélio ou misturas)

MAG (Metal Active Gas) - Utiliza-se um gás ativo (CO₂ - Dióxido de Carbono, ou mistura de gases inertes e ativos).

- ✓ Soldadura a gás: une as partes metálicas do material recorrendo ao efeito do calor produzido por um maçarico a gás.

- ✓ União Rebitada: unir chapas (previamente furadas) com um troço de duas cabeças, uma das quais já está formada e a outra que se forma na operação de rebitagem, como se pode observar na figura:

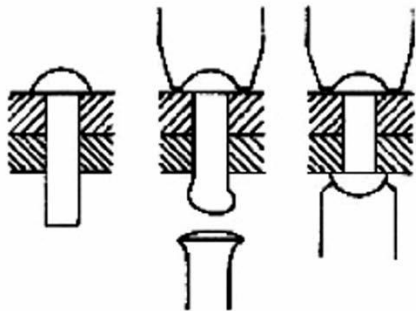


Figura 35: Esquema de montagem de rebites. ^[51]



Figura 36: Rebites numa carroçaria. ^[51]

- ✓ **União com parafusos:** Utiliza-se para peças que se têm que desmontar e montar com frequência. Por exemplo, o pára-lamas, a frente, o pára-choques, etc. Tal como a figura mostra:



Figura 37: Utilização de parafusos numa carroçaria ^[51]

- ✓ **União colada:** “O uso de adesivos na indústria automóvel é muito comum.” Utiliza-se para a formação do capot, tejadilho e painéis da porta. Permite a união de elementos com composições diferentes. ^[51]

c) **Soldadura por laser**

A soldadura a laser consiste na “fusão localizada das juntas através do seu bombardeamento por um feixe de luz concentrada e de alta intensidade.”

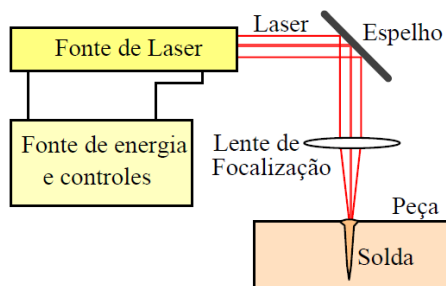


Figura 38: Esquematização do processo de soldadura a laser ^[52]

Neste processo de soldadura, como a energia é concentrada, aquece rapidamente a área atingida, fundindo o metal. Como a velocidade de resfriamento é elevada forma-se uma nova região com características semelhantes às do metal base.

Principais Aplicações da Soldadura a Laser na Construção de Carroçarias

- ✓ Com adição de matéria: por exemplo a soldadura do teto com a lateral dos veículos de classe E da *Mercedes Benz*;
- ✓ Sem adição de matéria: por exemplo na união da superfície lateral dos veículos Pólo da *Volkswagen* ^[53];
- ✓ Junção de peças e conjuntos: soldadura a laser é um dos poucos processos que possibilita a união em áreas externas e visíveis para o cliente;
- ✓ Regiões onde existem problemas de acesso, qualidade ou de dimensão.

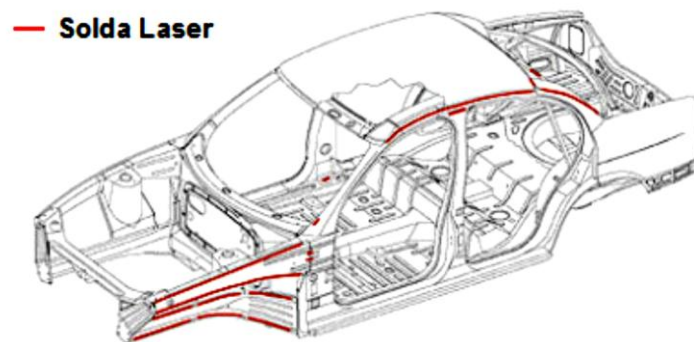


Figura 39: Exemplo de aplicações de SL já utilizadas pela indústria automóvel ^[54]

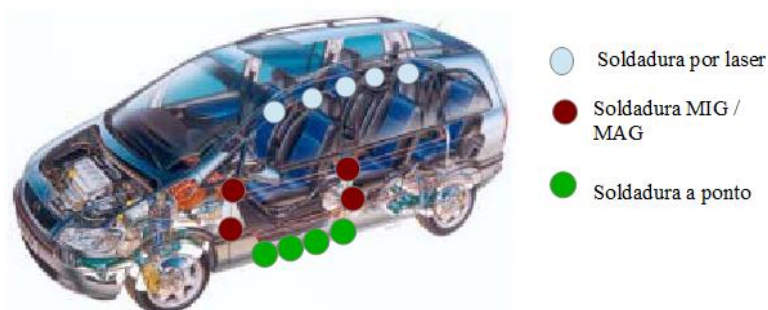


Figura 40: Locais de aplicação de diferentes tipos de soldadura ^[54]

A) Junção TOX

Processo mecânico de união no qual não ocorre o corte e a perda das características do material.

B) Rebordagem/Grafagem

Flexão e compressão de chapas, para uni-las nas suas extremidades. É utilizado em conjunto com cola de alta resistência no fabrico de portas, do capot e da mala.

7. Pegada ecológica

“Efficiency signifies the relationship between the result achieved and the resources employed.”^[55]

Com a crescente preocupação na utilização de combustíveis fósseis, na indústria automóvel, em particular a nível da carroçaria, têm sido adotadas maneiras de não contribuir para o agravamento as condições ambientais que se verificam atualmente.

Com isso, o paradigma económico da indústria automóvel sofreu uma alteração:

“Instead of “maximum profit from the minimum of capital” we need to achieve “maximum profit from the minimum of resources.”^[55]

Para tal, foram feitas alterações em inúmeros domínios: um exemplo disso será o aumento da utilização de materiais recicláveis, cujas características facilitam os processos de fabrico, como por exemplo, materiais com baixa condutividade térmica, que facilitam a fundição.

Atualmente, o ferro e o aço correspondem a cerca de 65% da composição do veículo. Assim que todos os fluídos tiverem sido drenados e assim que as partes reutilizáveis do automóvel tiverem sido removidas, as sucatas vendem o material ferroso valioso às siderurgias. A taxa de reciclagem para ferro e aço proveniente dos carros é de, aproximadamente, 100%.

Outros exemplos significativos serão materiais com baixa densidade, de modo a reduzir o peso do veículo, tornando-o mais eficiente. Não só o tipo de material influencia, como também a sua forma – atualmente têm sido desenvolvidos modelos que tornam o carro mais aerodinâmico.

8. Reciclagem

“The re-use of secondary aluminium need only 1/5 of the energy necessary to produce primary aluminium.”^[56]

A utilização de materiais reciclados a partir de resíduos de produção contribuiu significativamente para melhorar a eficiência energética, isto porque, na situação ideal, estes materiais podem ser utilizados mais além, sem o recurso a qualquer tipo de processo envolvendo energia.

A área do ferro e da estampagem é uma área associada a um grande desperdício. Por exemplo, 60% das folhas de metal utilizadas na indústria automóvel acabam como material sem utilidade.

Existe uma necessidade urgente de ação e de investigação no que diz respeito ao desenvolvimento da reciclagem inteligente para os resíduos da produção.^[56]

Conclusão

Depois de elaborada a pesquisa, conclui-se que existem pelo menos cinco aspectos importantes que é necessário a ter em conta aquando do fabrico da carroçaria de um automóvel: saber qual o tipo de estrutura desejada (tipo e forma); os materiais necessários e, também, o método a utilizar nos processos de fabrico (a conformação de chapas e os processos de ligação).

Assim, garantindo que todo o processo decorre como o previsto, é possível obter uma carroçaria segura, capaz de proteger os seus ocupantes e os outros constituintes do automóvel. Um dos grandes desafios para o futuro será aliar o mínimo de impacto ambiental à máxima eficiência. Para tal, estão a ser estudados materiais alternativos e processos de ligação de materiais ainda pouco explorados.

Desta forma, o automóvel tem vindo a ter um processo de evolução rápido, uma vez que este é melhorado de acordo com as necessidades da sociedade. Assim, o facto deste meio de transporte ser muito utilizado, faz com que a área de investigação neste ramo aumente de maneira a satisfazer os seus utilizadores.

iste as e uspe s o

SUSPENSÃO

Conjunto de peças que impedem a transmissão dos solavancos, que a roda sofre, à carroçaria. É feito por um conjunto de mola e amortecedor. A roda é ligada ao chassi ou a carroçaria. Como a roda é mais leve que o resto do veículo, ao entrar ou sair de um buraco é a roda que vibra e não a carroçaria.

Há molas de vários tipos: a de feixe, como a que usam todos os caminhões; a mola em espiral, usada tanto na suspensão dianteira como traseira; e mista - espiral na frente e feixe atrás. E ainda o tipo de torção, constituído por um feixe de lâminas, mas que por torção.



No eixo dianteiro quase todos os veículos usam suspensão independente. Quando a suspensão não é independente, tem-se um eixo apenas e uma mola em cada roda. Na suspensão independente, em vez de um eixo só, tem-se dois meios-eixos e, na ponta de cada um, as rodas. Como resultado, ao passar num buraco, apenas a roda afetada, trepida; a outra não. Esta é a grande vantagem da suspensão independente.

O sistema se completa por um amortecedor, cuja função é amortecer as oscilações que a mola criou. Se não houvesse amortecedor, a carroçaria oscilaria para cima e para baixo, e essas oscilações demorariam para acabar. Graças ao amortecedor, essas oscilações diminuem rapidamente, melhorando as condições de conforto dos passageiros.

4 Sistema de Frenagem

Os elementos que interessam na segurança do veículo são vários, mas quando se fala de segurança o item que logo vem em mente são os freios. O motor é um item de segurança quando analisado pelo ponto de vista de que, quanto melhor for a sua aceleração, mais facilmente será ultrapassado um veículo na estrada e, portanto, menos tempo ficará em posição insegura.

A suspensão também é importante para que o veículo conserve a sua estabilidade. De modo análogo, um chassi rígido e uma carroçaria com aerodinâmica permitem um melhor desempenho do veículo. Todavia, os freios são os elementos mais importantes.

Eles são projetados de maneira que dêem ao veículo uma capacidade de desaceleração várias vezes maior que sua capacidade de aceleração. Porém, mesmo com essa capacidade alta de desaceleração, ainda assim o veículo percorre certa distância, antes de parar por completo.

Podemos citar duas razões porque isto ocorre: Em primeiro lugar, o motorista não freia o carro no mesmo instante em que vê o perigo. Sempre há uma reação atrasada. Em segundo lugar, como o carro está a certa velocidade, mesmo depois de aplicado o freio, ele desloca-se por certa distância até parar. Logo a distância percorrida pelo veículo desde o momento que é visto o perigo até o carro parar, é a soma dos dois casos acima.

Funcionamento dos freios

Os freios funcionam através de um sistema de mangueiras flexíveis e pequenos tubos de metal, por onde circula o fluido. É esse líquido, com alta resistência ao calor (ponto de ebulição em torno dos 260 graus centígrados), que transmite a pressão exercida no pedal até a roda, gerando atrito necessário para pará-las.

As rodas dianteiras exigem pressão maior para serem imobilizadas (é nessa parte que se encontra o peso do carro nas freadas). Ali, o atrito se dá entre as pastilhas de freio e os discos que se movimentam junto com as rodas. Nas traseiras, a fricção é entre as lonas de freios e os tambores. Como essas peças do sistema de freio são muito importantes para o pleno funcionamento do mesmo, se algumas dessas peças se mostra desgastada numa revisão, troque-a por uma nova imediatamente.

Comando Hidráulico

Para compreender o funcionamento dos freios modernos, é preciso que se entenda o funcionamento do comando hidráulico.

Uma única pessoa consegue frear um veículo, mesmo sendo ele pesado. No entanto, para conseguir fazer esse veículo andar, é preciso de um motor com uma razoável potência.

O funcionamento do comando hidráulico baseia-se no fato de que, quando se comprime um fluido (usa-se óleo na maioria da vezes), a sua pressão estende-se a todos os lugares onde ele se encontra.

Quando se baixa o pistão pequeno, o óleo fica sob pressão e, como a pressão, se propaga por todo o óleo, ele chega até o pistão grande e o empurra para cima. O pistão pequeno precisa descer bastante, para que uma boa quantidade de óleo seja empurrada para o cilindro grande. Em conseqüência, o pistão grande será empurrado para cima. Porém ele se desloca pouca coisa, porque o volume de óleo que foi empurrado do cilindro pequeno para o grande ficará distribuído ao longo de um pistão bem maior e, portanto, a sua ação de deslocamento será pequena.

Freios a disco

Dia a dia, os sistemas de freios vão se aperfeiçoando. Atualmente, atingiu-se um alto nível de perfeição, no qual para obter força elevada para comprimir as sapatas não é problema. O maior inimigo dos freios, na situação atual, é o calor gerado.

Tanto é que o próprio material usado nos freios vem sendo alterado, procurando-se eliminar o algodão, e usando-se nas "lonas" quase somente amianto, arame e um plástico para colar os dois (sob calor). Consegue-se, assim, um material mais resistente

ao calor, se bem que com menor coeficiente de atrito. O menor coeficiente de atrito pode ser compensado por freios que criem forças maiores, nas sapatas.

Ainda assim, o calor constitui sério problema. Seu principal inconveniente, em relação aos materiais empregados, atualmente, é o fato de diminuir o coeficiente de atrito. Resulta disso que, numa freada muito forte e prolongada, as "lonas" se aquecem demasiado e perdem eficiência.



Por essa razão, os fabricantes procuraram partir para tipos de freios que pudessem ser resfriados mais rapidamente.

Um freio que pode ser mantido mais frio será um freio mais eficiente. A ele se pode aplicar mais força, sem que se perca rendimento.

Por outro lado, o aluno deve estar lembrado de que o atrito dos freios não pode ser superior ao dos pneus com o solo.

Porém, é possível utilizar-se pneus largos, com maior aderência. Isto possibilita o uso de freios mais eficientes.

Mas, como a resistência das "lonas" ao calor é limitada pelos materiais que se usam, encontra-se aqui outro obstáculo para que se consiga que os freios brequem melhor.

Você pode perceber, assim, a série de obstáculos que enfrentam os fabricantes – resistência ao calor, força, atrito, ventilação, pneus, etc. – para conseguirem obter bons freios. Na situação atual de materiais, força, atrito, os fabricantes acharam uma saída no aumento da ventilação dos freios. Freios ventilados não aquecem tanto. Mas como ventilar? A solução achada foi aumentar a área de frenagem. Surgiram, daí, os **freios a disco**.



Funcionam eles de maneira semelhante aos freio de uma bicicleta, que é constituído por duas sapatas laterais. Quando se aperta a alavanca de freio no guidão, as sapatas são pressionadas contra a roda. A área de atrito é relativamente pequena, apenas do tamanho tamanho da sapata. A área de ventilação é grande, pois é constituída pela roda inteira. Não que no caso das bicicletas haja necessidade de ventilação; não é o caso. Fazemos tais observações somente pelo fato de serem importantes, no caso dos automóveis.

Basicamente, o sistema usado nos automóveis é o mesmo; difere apenas no fato de que, em vez de comando mecânico, eles possuem comando hidráulico.

Sobre o eixo da roda, há um disco de aço (daí o nome de freio a disco), contra o qual são empurradas duas sapatas, por ação de dois cilindros de freios comandados da mesma maneira que o sistema de freio convencional, isto é, pela pressão criada no fluido hidráulico por meio de um cilindro mestre ligado ao pedal de freio.

De cada lado do disco há uma "lona", que é comprimida pelos pistões dos cilindros.

Envolvendo os cilindros, existem dois anéis de borracha, um para recuperação do pistão e outro para evitar a fuga de óleo. A explicação do funcionamento dos dois logo será vista.

Os dois conjuntos aparecem no interior de uma caixa, que se monta sobre o disco, ou melhor, o disco gira no seu interior. Quando se pisa no pedal de freio e se cria pressão no fluido hidráulico, os pistões comprimem as lonas contra o disco. Quando se alivia o pedal, acaba a pressão e os pistões retornam a sua posição, de maneira tal que as "lonas" fiquem apenas esfregando levemente contra o disco, sem entretanto, se desgastarem.

O elemento que faz os pistões retornarem a sua posição, depois de retirada a pressão do fluido hidráulico, é o anel de recuperação, em parte auxiliado pelo anel de vedação. Alguns veículos possuem apenas um anel de borracha, fazendo a ação simultânea de vedação e recuperação.

Quando se estabelece a pressão no fluido e este empurra o pistão, o anel de borracha deforma-se. Ao desaparecer a pressão do fluido, o anel de borracha empurra de volta o pistão. Como o curso do pistão é pequeno, esta deformação é suficiente para movimentá-lo.

O ABS como item de segurança

A maior vantagem do ABS é o seu princípio e seu funcionamento, ou seja, o antitravamento das rodas nas frenagens de emergência. Em todas situações, o motorista poderá "pisar" fundo no freio, com a máxima força, sem que haja o travamento das rodas. A segurança do condutor aumentará e a vida útil dos pneus se prolongará, pois os próprios pneus não serão arrastados sobre o solo.

Os sensores de rotação nas rodas informam a unidade de comando se haverá o travamento (bloqueio) de uma das rodas ou mais. A unidade (módulo) de comando impedirá este bloqueio, dando um conjunto de sinais ao comando hidráulico, que regulará a pressão do óleo de freio individualmente, em cada roda.

Assim, o motorista poderá frear o veículo ao máximo, sem que trave as rodas, proporcionando assim, uma boa dirigibilidade com tranquilidade e segurança. O ABS permite que se aplique o freio com o máximo de força sobre o pedal ao contornar uma curva em alta velocidade mesmo com a pista molhada ou escorregadia, mantendo o total controle do veículo. Considerado pelos técnicos, o ABS é um importantíssimo avanço tecnológico rumo a segurança total dos condutores de veículos.

5 Sistema de Direção

Sistemas de Direção

A parte do veículo mais importante, do ponto de vista de segurança é considerada, por quase todos os técnicos, como o sistema de direção. Qualquer falha neste sistema, por menor que seja, em geral, acarreta sérios problemas ou danos para os ocupantes.

Nos primeiros automóveis inventados, a direção era bastante simples parecendo-se mais com um guidão de bicicleta do que com o sistema de direção que conhecemos atualmente.

Mas, à medida que a técnica foi evoluindo e cada vez mais os veículos foram ficando mais velozes o sistema de direção foi se aperfeiçoando, até atingir o grau de precisão que existe hoje em dia.

Um bom sistema de direção é vital. Deve ser fácil de ser operado, caso contrário, logo cansará o motorista, colocando-o em risco de algum acidente. O sistema também deve ser capaz de amortecer os choques das rodas, não transmitindo-os aos braços do motorista.

Deve ainda contribuir para amortecer as vibrações das rodas dianteiras.

Engrenagem - Sistema Convencional

A função básica da direção é transformar o movimento de rotação da coluna de direção, num movimento de vaivém para as rodas. Isto é cumprido essencialmente por duas peças: um parafuso sem-fim e um setor dentado (as quais podem ser vistas na figura 1) Essas duas peças ficam no interior de uma carcaça chamada caixa de direção, que possibilita a lubrificação das engrenagens e, ao mesmo tempo, constitui uma proteção contra poeira. Quando a coluna de direção gira, gira também o parafuso sem-fim. Ele é um dispositivo que possui uma rosca semelhante às roscas dos parafusos.

Direção Hidráulica

Tradicionalmente, nos veículos pesados, tem-se usado um sistema de direção que reforce o movimento do motorista. Têm sido empregados sistemas a ar comprimido, mecanismo eletrônico, direções hidráulicas.

Este último sistema foi o que mostrou melhores resultados e é o que tem sido usado mais largamente. Mais recentemente passou também a ser empregado em veículos mais leves, em alguns casos como item opcional.

Evidentemente o sistema possui um custo mais elevado e, por isso, tem sido reservado aos veículos pesados, tais como caminhões, e aos veículos de luxo, onde o que importa é o conforto.

O princípio é bastante simples. Um sistema com óleo sob pressão exerce a maior parte do esforço necessário para girar as rodas. A pressão do óleo é aplicada pelo sistema, justamente no instante em que o motorista vira o volante da direção.

No sistema de direção hidráulica há uma bomba que continuamente está operando e que fornece a pressão hidráulica, quando desejada.

Há uma válvula especial que se abre ou fecha, quando se gira o volante. Ao abrir, ela permite que o óleo sob pressão seja aplicado a um pistão que, por sua vez, aciona a barra de direção.

A bomba de óleo é acionada ,através de uma correia, pelo próprio motor. Da bomba saem duas tubulações, uma que leva o óleo até a caixa de direção e outra que o traz de volta. Na caixa de direção estão incluídas a caixa propriamente dita e a válvula.

Enquanto isso o motor está funcionando, a bomba cria pressão no óleo. As posições da válvula é o que determinam por onde deve caminhar o óleo e qual o efeito que ele vai exercer.

O corpo da válvula possui internamente três câmaras. Em cada câmara há um orifício.

As duas câmaras externas são ligadas ao reservatório de óleo e a câmara central está ligada à bomba.

O sistema é montado de maneira tal que, mesmo em caso de acidente e perda do óleo, ainda assim a direção possa funcionar. Passando então a funcionar manualmente, como os sistemas comuns de direção.

Todos os sistemas hidráulicos, em caso de acidente, se transformam em sistemas convencionais e o veículo pode continuar a trafegar até que se possa pará-lo para o conserto.

6 Trem de Força

Para ir pra escola, pra se divertir, pra fazer compras, pra viajar... Hoje em dia, principalmente para quem mora nas grandes cidades, o carro já virou uma necessidade.

Mas nem sempre foi assim. No século XIX, (até o ano de 1896, mais ou menos) o automóvel era considerado simplesmente um "brinquedinho caro". E não era pra menos!



Quem utilizaria um veículo de locomoção que andava com a velocidade de 10 ou 15 Km por hora? Pra você ter uma idéia do quanto esses automóveis eram lentos, compare: nós devemos andar, sem a menor pressa, numa velocidade de uns 4 km/h.



Enquanto isso, a população utilizava o trem como principal meio de transporte coletivo. Ainda sem pensar em transformar a "engenhoca" num meio de transporte que facilitasse a vida das pessoas, os primeiros trabalhos realizados na busca de um veículo que funcionasse com um motor foram realizados no século XVIII.

O primeiro a andar por meio de sua própria energia foi criado em 1769 pelo francês Nicolas Cugnot. A invenção era, no mínimo, esquisita!



Imagine só: um trator de três rodas, movido a vapor, que era usado para arrastar canhão. A velocidade? Ele andava a, aproximadamente, 4 km por hora. O trator não conseguia rodar muitos metros de uma vez. Ele tinha de parar para acumular vapor. Só então, voltava a funcionar.

Alessandro Dantas, no século XIX foi desenvolvido o motor de combustão interna. O princípio foi o mesmo utilizado pela pólvora, invenção do século XVII. Funcionava assim: o combustível queimava no interior de um cilindro fechado com bases móveis, os chamados êmbolos ou pistões. O combustível utilizado para estes motores de combustão interna foi desenvolvido a partir do carvão.

1860- francês Etienne Lenoir- construiu o primeiro motor de combustão interna "importante". Funcionava assim: na extremidade de um cilindro é injetado um gás. Em seguida, este gás é injetado na outra extremidade. Por causa das explosões provocadas pela centelha elétrica, o êmbolo é jogado de uma extremidade à outra. Uma haste, ligada neste êmbolo e no volante, faz o volante girar.

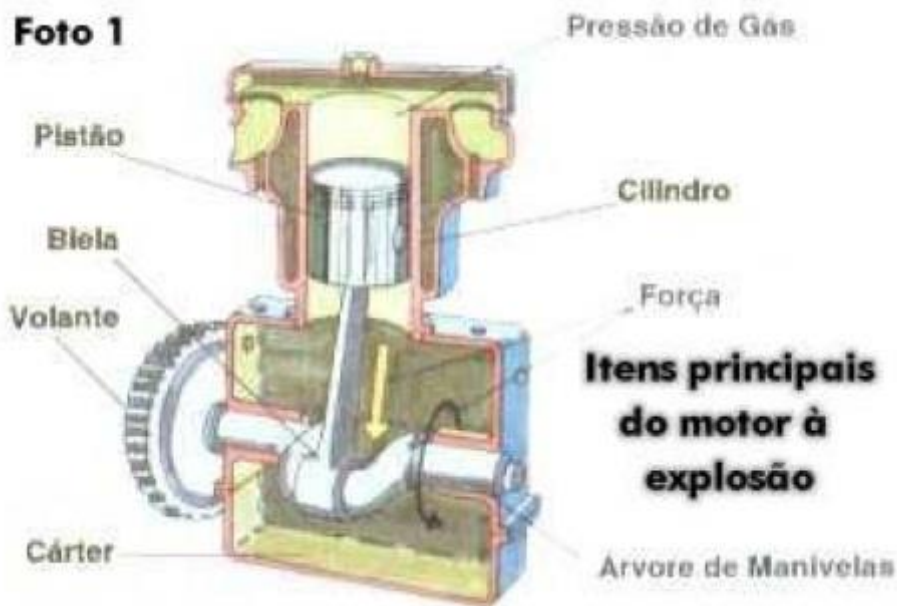
O princípio dos quatro tempos, utilizado até hoje pela maioria dos automóveis, foi desenvolvido em 1876 pelos alemães. Então, vamos conhecer como funciona os motores a explosão e seus acessórios.

Motores a Explosão

Para facilitar as explicações será visto, inicialmente, um motor com um só cilindro. Não é o normal. Apenas alguns tipos de motores têm um só cilindro: motoneta, motocicleta, motor de popa. O normal é ter vários cilindros.

Entretanto, a explicação torna-se mais clara e, uma vez entendido o motor de um cilindro, será bem mais fácil compreender a derivação do motor com vários cilindros, que iremos fazer posteriormente. Teremos, então, uma repetição, nos vários cilindros, do que ocorre num deles.

O motor é constituído, essencialmente, pelas peças indicadas na foto abaixo:



O corpo do motor é um bloco de ferro fundido com um "buraco" de forma cilíndrica, no seu interior. Esse "buraco" recebe o nome de Cilindro (foto 2). Dentro do cilindro desloca-se o pistão, cujo movimento é subir e descer (foto 3). Atravessado no pistão, há um pino que fica numa haste chamada biela. (foto 5).

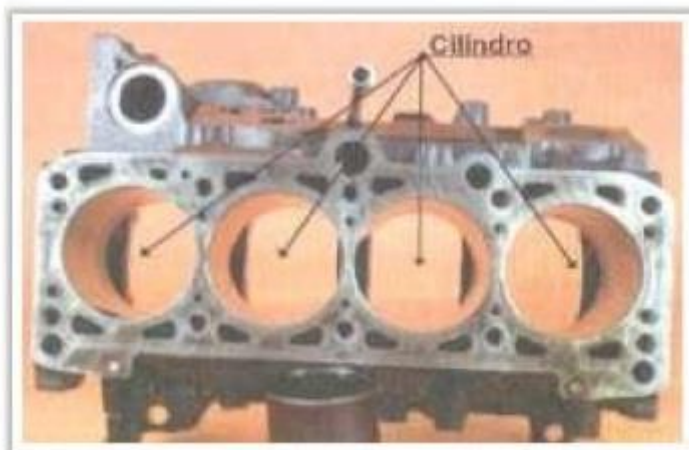


Foto 2 - Cilindro do motor

Quando o pistão sobe e desce, a biela o acompanha. Na outra extremidade, a biela se prende a um eixo que tem a forma de uma manivela. O nome correto dessa peça é **árvore de manivelas**, vulgarmente conhecida por **virabrequim** (foto 6). Quando o pistão sobe e desce, a biela o acompanha e obriga a árvore de manivelas a virar, da mesma maneira que uma manivela.

No seu movimento de subida e descida, o pistão passa por dois pontos extremos durante o seu curso: o ponto mais alto e o ponto mais baixo. Nesses pontos, ele inverte o seu movimento e, por isso, são dois pontos onde a sua velocidade é nula. Costuma-se chamar a esses dois pontos de Ponto Morto Superior (PMS) e Ponto Morto Inferior - PMI.



Quando o pistão se encontra no PMS, a biela também está para cima e a árvore de manivelas, por sua vez, também está voltada para cima. Quando o pistão vem para o PMI, a biela desce e a árvore de manivelas vira, de maneira a ficar para baixo.

Obs.: O Ponto Morto Superior e o inferior do pistão não tem nada a ver com o Ponto Morto do Câmbio, conforme será visto mais tarde.

A árvore de manivelas vira sobre dois mancais. Num dos seus extremos há uma roda pesada de ferro, que se chama volante. A sua função é manter uniforme o movimento da árvore de manivelas evitando os trancos. Na parte superior do cilindro existem dois orifícios, que são abertos ou fechados por duas válvulas. Uma é a válvula de admissão; outra, a válvula de escapamento.

Ainda aí, na parte superior, perto das duas válvulas existe uma pequena peça, a vela, cuja função é fazer saltar, no momento adequado, uma faísca, que vai incendiar o combustível.

O Motor de quatro tempos

Todos os motores funcionam pelo mesmo princípio: queimando combustível, formam-se gases em grande quantidade. Aparece uma pressão grande sobre o pistão, que o empurra para baixo e força o virabrequim a virar.



Entretanto, existem várias maneiras pelas quais se pode obter esse efeito: motor de quatro tempos, motor de dois tempos, motor diesel, etc.

Existe também um motor chamado Wankel, de sistema rotativo, o qual descreveremos mais detalhadamente no decorrer do curso. Os motores que funcionam com o processo chamado "quatro tempos" são os mais comuns, no mundo inteiro. São conhecidos também como "**motores Otto**", porque foram imaginados, pela primeira vez, por um engenheiro alemão chamado Nicolás Otto.

Primeiro tempo - Admissão :

O pistão se encontra no ponto morto superior e começa a descer. Por um mecanismo especial – o eixo comando de válvulas -, abre-se a válvula de admissão. Continuando a descer, o pistão aspira, através da válvula de admissão, a mistura de ar + combustível. A mistura continua entrando até que o pistão chegue ao ponto morto inferior. Quando o pistão chega ao ponto morto inferior, a válvula de admissão se fecha. O cilindro está agora totalmente cheio de mistura ar + combustível. Mas o pistão continua a movimentar-se, e agora vai subir. Para que o motor funcione, ele deve executar quatro fases bem características, enquanto o pistão sobe e desce.

Segundo tempo - Compressão:

O pistão sobe desde o ponto morto inferior até o superior. As duas válvulas ficam fechadas.

Conseqüentemente, a mistura de ar e combustível é comprimida, até ser reduzida apenas ao volume compreendido entre o ponto morto superior e a parte superior do cilindro (cabeçote).

Como resultado da compressão, a mistura se aquece e as moléculas de combustível ficam mais próximas das moléculas de ar. Os dois fatos melhoram a combustão. Durante o primeiro tempo, o pistão percorreu uma vez o seu curso e, durante o seu

segundo tempo, novamente; o pistão percorreu, portanto, duas vezes o seu curso. Enquanto isso, o virabrequim deu uma volta.

Terceiro tempo - Explosão:

Quando a mistura ar + combustível está fortemente comprimida dentro do cilindro, a vela faz saltar uma faísca bem no meio da mistura. Esta se incendeia. Formam-se os gases da explosão, que empurram violentamente o pistão para baixo, uma vez que as duas válvulas estão fechadas e por aí não podem escapar os gases. O pistão inicia então o seu movimento descendente, até o ponto morto inferior.

Quarto tempo - Escapamento:

O pistão sobe novamente desde o ponto morto inferior até o superior. Mas durante este curso abre-se a válvula de escapamento. O pistão, subindo, expulsa todos os gases resultante da explosão que se encontram dentro do cilindro. É a fase de escapamento dos gases. Quando o pistão atinge o PMS, fecha-se a válvula de escapamento, e assim, o ciclo recomeça.

ÁRVORE DE MANIVELAS

Na linguagem comum entre os mecânicos, fala-se em virabrequim. O nome certo, entretanto, é Árvore de Manivelas. Tecnicamente, árvore é uma barra que vira e exerce esforço. Na linguagem comum também se costuma chamar de “eixo”. Durante este curso, usaremos a linguagem comum.

Estudaremos o “eixo-piloto” e o "eixo traseiro”. O virabrequim é uma peça muito importante. Fica submetida a esforços muito grandes e deve funcionar bem, tanto em alta como em baixa rotação. Em cada manivela é ligada uma biela. Entre as manivelas ficam os munhões. Os munhões são as peças que se apóiam nos mancais.



Exemplo de munhões

Os mancais são lubrificados, de tal maneira que o virabrequim praticamente “flutua” num banho de óleo. Raramente, um virabrequim quebra; os aços usados hoje em dia são

resistentes e duráveis. É muito difícil de ser fabricado, por causa da sua forma irregular. Os virabrequins modernos trabalham em rotação muito elevada, normalmente até 7000 rpm, e, em carros esportes, até 8.500 rpm.

Por isso, se não estiverem muito bem equilibrados, o motor começa a trepidar e forçar os mancais. Os virabrequins são equilibrados por máquinas especiais.



Nos primeiros motores era uma peça simples, na qual se procurava apenas o efeito de manivela. Por isso, o virabrequim tinha a formade um ZIGUEZAGUE. Posteriormente, os engenheiros verificaram que o virabrequim, nessas condições, dava muito “tranco”, cada vez que o cilindro estava no tempo de combustão. Imaginaram então um prolongamento nos suportes da manivela, de maneira a funcionarem como contrapeso.

Os mancais são dois ainda, um em cada extremidade. As manivelas são duas, uma em oposição à outra, porque, num motor de dois cilindros, se procura fazer com que um cilindro esteja no tempo de expansão, quando outro se encontra no tempo de compressão.

Isso também é um recurso para diminuir os trancos do motor. Atualmente, não existe mais nenhum automóvel com motor de um cilindro, nem mesmo dois. O normal é automóvel com quatro, seis ou oito cilindros. Os motores com um ou dois cilindros são reservados a motocicletas, barcos ou máquinas estacionárias do tipo bombas d’água, serra, etc..., e máquinas para serem usadas onde não há eletricidade.

Na figura acima, mostra-se a carcaça inferior do motor onde se apóia o virabrequim.

Na primeira cavidade se encaixam as engrenagens do comando de válvulas. Na segunda e terceira cavidades, encaixam-se as manivelas correspondentes às bielas, duas em cada cavidade.

A diferença básica entre os virabrequins é o número de mancais. O primeiro virabrequim tem sete mancais de apoio, o segundo quatro e o terceiro apenas três. Quanto maior o número de mancais, tanto mais dividido fica o esforço que eles suportam, podendo, por isso, ser menores e ter vida mais longa.

Por outro lado, quanto menor o número de mancais, tanto mais barato fica o motor, desde a economia que se faz no número de mancais, como no formato do virabrequim, que é mais simples, e o do bloco do motor, que também é mais simples.

Volante

Numa das extremidades do virabrequim há um disco de ferro; é o volante. À primeira vista, parece não haver grande importância nesta peça. Mas dela dependem a aceleração suave do motor.

Sem o volante, o motor não funciona corretamente. Quando o cilindro queima a mistura e empurra o pistão para baixo, também está dando um impulso ao volante. Por sua vez, essa energia, que o volante acumula, ele devolve ao próprio pistão, quando este se encontra no tempo de compressão. Com isso, o motor opera de maneira mais suave.

Quanto maior for o peso do volante, tanto mais suave será o funcionamento do motor. Por outro lado, quanto mais pesado o volante, tanto mais devagar responde o motor, quando se precisa aumentar a sua rotação. Diz-se então que a sua aceleração é baixa.

Essa é a razão pela qual os motores de automóveis de corrida têm volantes mais leves, para que respondam mais depressa a aceleração que se deseja imprimir ao motor. Em compensação, nas baixas rotações, esses motores funcionam de maneira bastante irregular.

Os motores para automóveis de passeio, pelo contrário, dispõem de volante mais pesado, porque, apesar de se querer uma boa aceleração, é importante um funcionamento silencioso do motor.

SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

O sistema de alimentação do motor a explosão é composto pelo tanque de combustível, carburador e coletor de admissão.



O tanque é um reservatório de combustível, tendo no seu interior uma bóia que comanda um sistema elétrico indicado no painel do combustível.

A bomba de combustível, puxa o combustível do tanque aocarburador. Este por sua vez, prepara a mistura explosiva, enquanto o coletor se encarrega de distribuir a mistura aos cilindros.

Cada componente realiza um trabalho muito importante e que merece ser comentado. Antes, porém, é preciso ressaltar que atualmente o motor a explosão é alimentado por dois tipos de combustível: álcool e gasolina.

O motor a álcool e à gasolina estão equipados com componentes próprios no sistema de alimentação, em função da corrosão causada por cada tipo de combustível.

Quando o combustível é a álcool, as peças são tratadas por processos químicos contra corrosão, recebendo revestimento interno no tanque, bomba e carburador bicromatizado.

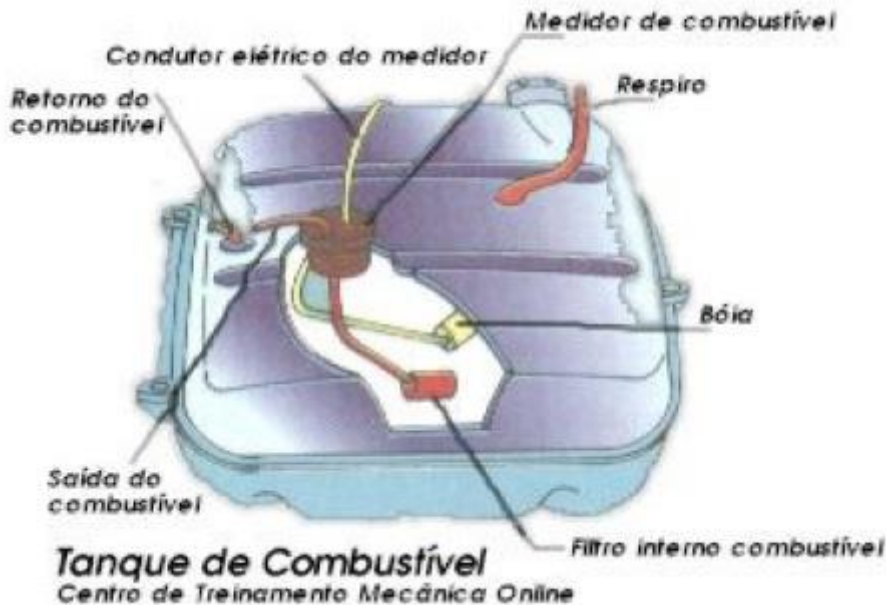
Isto é identificado pela cor e brilho diferentes da cor e aspecto tradicionais das mesmas peças para gasolina. Em geral, o tanque de combustível fica colocado em posição oposta a do motor. Quando o motor fica na frente, o tanque fica atrás; quando o motor fica atrás, o tanque é colocado na frente. A razão disso é uma melhor distribuição de pesos sobre o veículo, para se conseguir maior estabilidade.

O tanque, quando cheio, pesa aproximadamente a metade do motor. Colocando-se em posição oposta, conseguimos uma melhor estabilidade. Em alguns veículos, por exemplo, o motor fica atrás e o tanque de combustível ficava na frente.

Em outros tipos de veículo, ao contrário, o tanque ficava atrás e o motor na frente.

Entre o tanque e a bomba há um cano fino (espécie de condutor) que serve de ligação, por dentro do qual circula o combustível. O combustível vem do tanque por dentro desse cano, passa pelo filtro, pela bomba e vai para o carburador. Aí chegando, o combustível se mistura com o ar que através do filtro de ar, e os dois juntos, através do coletor de admissão vão até o cilindro.

Tanque de Combustível



Embora pareça simples, o tanque de combustível é uma peça muito bem idealizada, sendo projetada em função do espaço que o modelo do veículo proporciona. Dessa forma, o tanque de combustível de um determinado tipo de veículo, não se adapta em outro, devido ao seu formato e sua capacidade cúbica, além de apresentar um acabamento interno diferente, segundo o combustível a ser armazenado.

Atualmente os tanques são confeccionados em um tipo de plástico especial e trabalhados para evitar evaporação do combustível. Bomba de combustível elétrica.

Através da corrente elétrica da bateria, ela funciona automaticamente ao ser dada a partida. Tal bomba faz parte dos veículos com injeção eletrônica.

A bomba elétrica ou de pistão tem duas câmaras, de aspiração e de expiração, ligadas entre si ou por um cilindro, dentro do qual se move um êmbolo. Fabricado em material magnetizável, o êmbolo trabalha em movimento alternado pelas ações de uma mola e de uma bobina alimentada pela bateria; uma pequena válvula, colocada na extremidade do lado de aspiração do pistão, abre-se e fecha-se alternadamente, regulando o fluxo de enchimento.

Quando o combustível alcança o nível máximo da cuba do carburador, a bóia fecha a válvula de agulha e a pressão aumenta no tubo de entrada até fazer o pistão parar. Assim que baixa o nível da cuba, a válvula de agulha do carburador se abre, a pressão no tubo de entrada da bomba diminui, a mola empurra o pistão para cima e a bomba recomeça a funcionar.

Filtro de combustível

A gasolina (ou qualquer outro tipo de combustível) que chega até o motor deve ser rigorosamente pura. Qualquer sujeira que exista, por menor que seja, pode ser um sério obstáculo ao bom funcionamento do motor.

O carburador tem seus cálibres com medida tão precisa e são tão pequenos que a mesmouma pequena impureza pode ser um elemento de obstrução. E qualquer pequena obstrução num dos cálibres é suficiente, muitas vezes, para impedir a passagem de combustível, e o motor não funcionar.

Para se conseguir uma boa limpeza do combustível, colocam-se filtros no seu trajeto. É costume colocar-se filtros no tanque de combustível e próximo à entrada da bomba. Em geral, o filtro da bomba é constituído por uma rede em forma de copo, ficando ela imersa em outro copo maior, de vidro.

SISTEMA DE ESCAPAMENTO



À primeira vista, pode parecer que o sistema de escapamento não envolve maiores complexidades técnicas. Sua concepção, no entanto, exigiu muitos anos de pesquisa para que ele exercesse adequadamente suas diversas funções.

Em primeiro lugar, o escapamento deve oferecer uma via de escape aos gases residuais do motor.

Deve, também, atenuar o ruído das ondas sonoras produzidas pelos gases que saem do motor sob alta pressão. E, finalmente, quando bem regulado, o sistema de escapamento pode estimular a rápida saída dos gases queimados no motor.

O combustível vem do tanque e é aspirado pela bomba, que o envia à cuba do carburador.

Por outro lado, o ar passa pelo filtro e vai para o carburador. Aí os dois se encontram e se misturam.

Seguem então para o motor, através de dutos que são conhecidos pelo nome de coletor. A rigor esse nome não é o correto, porque a palavra coletor significa "alguma coisa que coleta, que reúne". Mas, assim como tantos outros, é o nome pelo qual é conhecida essa peça. A sua função é distribuir, em partes iguais, para todos os cilindros, a mistura do

carburador. O coletor recebe a mistura do carburador por sua parte central e a distribui igualmente para os quatro cilindros.



Os coletores de admissão são projetados de maneira que a mistura não tenha preferência por um cilindro ou por outro.

As dificuldades apresentadas para a mistura caminhar devem ser iguais, para evitar que um cilindro receba mais combustível do que outro.

O coletor de admissão é montado sempre por cima do coletor de escapamento. A razão disso é que o calor dos gases de escapamento ajuda a vaporizar o combustível, antes de entrar no cilindro, resultando daí uma melhoria na combustão. O aluno deve saber que quando estudamos carburação, assinalamos a importância de ter o combustível bem vaporizado antes de entrar no cilindro.

Escapamento e silencioso

Os gases queimados que saem dos cilindros devem ser eliminados e isto é feito por meio de um cano de escapamento ligado ao coletor de escapamento. O cano de escapamento solta os gases queimados atrás do veículo, para não incomodar os seus ocupantes. Por isso, ele passa por baixo da carroçaria e vai até a parte traseira do veículo. Nos veículos com motor atrás, o cano de escapamento é mais curto.

O **silencioso** é uma peça utilizada ao longo do cano de escapamento, para amortecer os ruídos próprios da explosão e escapamento dos gases. Isso é conseguido por uma distribuição adequada de canos furados dentro de uma câmara. Quando os gases de escapamento passam por aí, expandem, mas o conjunto funciona como um colchão de ar. Compensando as expansões e as contrações. Resulta disso um funcionamento mais silencioso.

O sistema de escapamento conduz os gases residuais quentes do motor. Após atravessar o coletor de escape, a tubulação e o silenciador, esses gases são lançados na atmosfera pelo tubo traseiro.

O coletor de escape leva os gases queimados dos dutos de escape para a tubulação. Num típico motor de quatro cilindros, o coletor tem a forma de um garfo de quatro pontas.

Existem modelos cujos pares de tubos se unificam, resultando em dois tubos que também se unem depois, o que permite um melhor fluxo do gás.

O silenciador, ao impedir a passagem, desviar ou absorver algumas das ondas sonoras mais penetrantes, reduz a um nível aceitável os ruídos gerados pela descarga dos gases queimados, desde os dutos de escape da câmara de combustão. O tubo traseiro permite, por sua vez, liberar a saída desses gases, para longe do carro.

A utilização do catalisador

Atualmente, tem sido questionada a ação do catalisador nos veículos, no mundo todo. O dilema gira em torno dos gases não poluentes liberados pelos catalisadores; segundo cientistas, esses gases têm um outro problema. Um deles: as reações químicas realizadas no catalisador produzem CO₂ (dióxido de carbono) ou gás carbônico, cujo acúmulo na atmosfera causa o "efeito estufa".

O catalisador mais moderno hoje disponível em qualquer país europeu (Obs: na Europa é onde se encontra a gasolina de melhor qualidade) reduz em 75% as emissões de Óxido de Nitrogênio (NOX), um dos causadores de chuva ácida, e corta até 95% de monóxido de carbono, que ataca o sistema respiratório e Hidrocarbonos (HC), elemento cancerígeno. Mas não consegue evitar o efeito estufa, o aquecimento da atmosfera.

Segundo técnicos da área, o catalisador só funciona bem a partir de 300° C a 800° C. A rapidez com que ele esquentar depende das condições momentâneas da temperatura ambiente, ou seja, pode variar muito, entre dois e dez minutos, por exemplo. Cabe a cada montadora, a cada cientista e a cada engenheiro trabalhar em função disto. O caminho é este.

Porque os catalisadores são necessários?

Além dos produtos primários - dióxido de carbono e a água, a queima de combustíveis fósseis, com ar, produz poluentes como monóxido de carbono (CO), Hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NOx) e dióxido de enxofre (SO₂). Nos motores diesel existem ainda os particulados finos de material sólido (fuligem diesel), que contaminam a atmosfera se não forem eliminados.



As substâncias ativas são o óxido de alumínio, metais preciosos cataliticamente ativos (Pd, Pt e Rh) e promotores (substâncias que aumentam a ação catalítica dos metais preciosos).

Somente as substâncias ativas são responsáveis pelos efeitos catalíticos; a colméia cerâmica ou metálica serve apenas como material-suporte.

A colméia cerâmica consiste de corderita. Este material de magnésio - alumínio - sílica, é distinguido particularmente pela sua alta resistência à temperatura. A colméia metálica consiste de uma liga especial, à qual é enrolada e soldada através de uma técnica específica, formando o suporte metálico. A espessura da parede desta chapa de aço ferrítico, altamente resistente ao calor, é de aproximadamente **0,04 a 0,07 mm**.

Conversor catalítico

O termo conversor catalítico designa genericamente um reator metálico instalado no sistema de escapamento. Este reator, de aço inoxidável, contém o catalisador propriamente dito, que é constituído de uma colméia cerâmica ou metálica (monólito) impregnada com substâncias ativas.

Essa colméia é formada por milhares de minúsculos canais (células), por onde passam os gases poluentes. As paredes destes canais são recobertas com óxidos de metais, que criam uma superfície de contato, cuja área é equivalente a 4 campos de futebol. Externamente, o monólito é envolvido por uma manta amortecedora à protegê-lo contra vibrações e choques.

Qual é o princípio do catalisador dos carros?

Os catalisadores instalados nos automóveis são dispositivos que diminuem os níveis de emissão de gases poluentes. Basicamente, o catalisador dos carros é composto por uma cerâmica, muito parecida com uma colméia de abelhas, por onde os produtos da combustão passam. Esta cerâmica está impregnada com compostos contendo paládio, nióbio e outros metais nobres, que aliados ao calor gerado pela combustão, provocam várias reações.

A utilização de combustíveis adulterados pode provocar a degradação do catalizador, conhecida como "envenenamento". Antigamente era comum adicionar compostos contendo chumbo à gasolina para melhorar o desempenho do automóvel, mas esta prática foi proibida, pois além de ser nociva ao ser humano também danifica o catalisador. Um problema da gasolina brasileira é a presença de muitos compostos com enxofre, que também diminui a vida útil do catalisador (cerca de 7 anos).

Sistema de Lubrificação



A gasolina e os óleos lubrificantes são obtidos do petróleo. Na verdade, do petróleo retiram-se muitas substâncias além de apenas a gasolina e os óleos. São tantos os produtos derivados do petróleo que dificilmente poderíamos imaginar o mundo moderno sem ele.

Derivam dele centenas de produtos químicos, desde os solventes, tais como o querosene, benzina e outros, até os produtos com os quais se fazem vários plásticos (por exemplo, o etileno). Os países industrializados têm uma indústria petroquímica (química de petróleo) bastante avançada, sendo mesmo esta indústria uma característica dos países desenvolvidos. É considerada como indústria pesada.



As refinarias de petróleo são também indústrias enormes, ocupando milhares de pessoas na sua operação e elevadas importâncias de dinheiro. Todo esse complexo nasceu com o automóvel e foi ele o principal motivo de se explorar o petróleo. A indústria petroquímica nasceu depois, já como uma característica do aumento padrão de vida dos países ricos.

O petróleo é retirado do fundo da terra. A explicação que se dá hoje em dia para a existência de petróleo é que, nesses locais, existiram outrora matérias orgânicas que poderiam ser desde vegetais até animais; estes, pelos movimentos da Terra, acabaram soterrados e submetidos a enorme pressão, dando origem, posteriormente, ao petróleo.

Hoje em dia, para se retirar o petróleo do local em que se encontra, é preciso perfurar profundamente a terra, às vezes por vários quilômetros.

Há vários tipos de petróleo, alguns são pretos, outros verde-escuros, outros têm uma coloração marrom. A cor depende da origem do petróleo. Há alguns tipos que são mais indicadas para se extrair óleos e graxas.

Destilação: na verdade, o petróleo é uma mistura de vários produtos químicos. Se aquecermos o petróleo, à medida que a temperatura vai subindo, um de cada vez, esses produtos químicos irão se vaporizando. Nas refinarias de petróleo, usa-se essa propriedade para se fabricar os derivados. À medida que cada um vai se vaporizando, retira-se o gás correspondente, resfriando-o em seguida, para se transformar em líquido dessa maneira separam-se todos os seus componentes. A gasolina é o primeiro produto a transformar-se em gás, quando o petróleo é aquecido. O seguinte é o querosene. O último produto, o mais pesado, é o asfalto, que se utiliza na pavimentação de ruas.

Há vários tipos de gasolina, conforme a sua composição química. A gasolina é uma mistura de hexana, heptana, octana, nonana, decana e undecana. Conforme a quantidade maior ou menor de um desses componentes, tem-se uma gasolina melhor ou pior que outra.

Propriedades dos lubrificantes

As finalidades dos lubrificantes são principalmente duas: diminuir o atrito e refrigerar as partes aquecidas pelo atrito. Devem evitar também o contato de metal contra metal, o que só acarreta desgastes e aquecimentos e, ainda, a corrosão e os depósitos. Para desempenhar essas funções, os lubrificantes devem possuir certas propriedades, que veremos a seguir, das quais a mais importante é a viscosidade.

Na verdade, apesar dos anos de pesquisa, não se descobriu até hoje uma propriedade pela qual se possa medir o valor lubrificante de um óleo. Porém, a medida das várias propriedades em conjunto permite classificar o óleo.

Viscosidade - É a medida da resistência que um óleo opõe ao movimento. Varia com a temperatura: quanto maior a temperatura, tanto mais diminui a viscosidade. A resistência que o óleo opõe ao movimento depende da velocidade com que as peças se deslocam: quanto mais depressa as peças se deslocam, tanto maior é a resistência que o óleo opõe.

Existem muitos processos para se medir a viscosidade de um óleo e são conhecidos pelos nomes: Saybolt (usado nos Estados Unidos), Redwood (usado na Inglaterra) e Engler (usado na Europa). O mais conhecido, porém, é o que classifica os óleos pela numeração SAE (Society of Automotive Engineers).

A classificação SAE representa uma faixa de viscosidades para uma dada temperatura, viscosidades que são medidas pelo processo Saybolt. O processo Saybolt consiste em medir o tempo que certa quantidade de óleo, mantida a certa temperatura, leva para passar por um orifício de diâmetro determinado. A viscosidade depende da temperatura. Certo óleo que tenha uma determinada viscosidade a certa temperatura, terá outra, em outra temperatura. Quanto maior a temperatura, tanto menos viscoso será o óleo.

Ainda que tenha a mesma viscosidade, dois óleos podem ser diferentes, um porque sua viscosidade varie bastante com a temperatura e outro porque tenha uma qualquer que seja a temperatura. Tudo depende da origem do petróleo, do qual foi extraído, e do processo de fabricação. Estes últimos óleos, isto é, cuja viscosidade é praticamente constante, independentemente da temperatura, são óleos muito modernos e têm grandes aplicações.

A viscosidade do óleo e o motor

Com a evolução dos motores, o seu aperfeiçoamento tem obrigado os fabricantes de lubrificantes pesquisas intensas, para produzir óleos capazes de atuar nas novas solicitações.

Da mesma maneira, também o aperfeiçoamento dos óleos tem permitido aos fabricantes irem constantemente melhorando seus motores. Hoje em dia, é comum ouvir-se falar em óleos para 10.000 quilômetros.

Existe sempre uma viscosidade adequada para um determinado motor. Deve sempre usar-se aquele indicado pelo fabricante do veículo, porquanto foi o óleo testado. À medida que surgirem desgastes entre o cilindro e o pistão e se sentir uma diminuição na potência, será permitido utilizar-se um óleo mais grosso. Um óleo mais viscoso diminui as fugas de gases pela folga entre pistão e cilindro, mas tem influência sobre o torque e a potência do motor, diminuindo os dois, porque após mais resistência ao movimento das peças.



A viscosidade adequada para um motor é determinada experimentalmente. A regra é usar um com a menor viscosidade possível dentro da gama de 10 a 50 SAE e que dê um consumo satisfatório de óleo. Se a viscosidade for muito baixa, notar-se-á o aparecimento de lubrificante queimado nos gases de escapamento. Por outro lado, quando não se nota o vestígio de gases queimados nos gases de escapamento, deve-se desconfiar de que a parte superior do cilindro não está sendo lubrificada. Quando se utiliza um óleo mais viscoso, o consumo diminui pelo fato de dar melhor ação de vedação. Algumas vezes, porém, pode ocorrer o contrário: aumenta-se o consumo. Isso se deve a um atraso no escoamento através dos orifícios (se forem muito pequenos) do pistão, dessa maneira, o óleo expõe-se mais à temperatura da câmara de combustão e queima mais.

Uma vez atingida a temperatura de regime, os óleos trabalham praticamente com a mesma viscosidade, qualquer que seja a sua, originalmente. Isso ocorre porque um óleo mais viscoso trabalha em temperatura mais elevada, em virtude do atrito interno entre suas moléculas. Esta conclusão aplica-se mais a mancais do que à lubrificação entre cilindro e anéis.

Sistema de Arrefecimento

Introdução

Arrefecimento foi o nome que os técnicos acharam mais adequado, substituindo o usado antigamente, ou seja, "sistema de resfriamento". Ainda hoje é mais comum usar-se o nome refrigeração, em vez de arrefecimento. E por ser mais comum, também será para nós, neste curso, o nome preferido. Entretanto, fica o aluno mais uma vez alertado para o nome correto: arrefecimento.

Todos os motores precisam ser resfriados, porque durante o seu funcionamento se aquecem. O combustível, ao queimar-se, gera calor e a câmara de combustão fica quente. Em consequência, todos os componentes do motor ficam quentes e precisam ser resfriados. Se não são resfriadas, as peças se aquecem, aumentam de tamanho e não funcionam como deveriam.

Por exemplo, se o cilindro não for resfriado, não haverá passagem de calor para fora; em razão disso, o pistão se dilata e se prende a ele, porque a folga fica muito reduzida (dilatação do pistão). É comum, quando o motorista não é uma pessoa precavida e não observa a temperatura da água de refrigeração, os pistões "agarrarem" no cilindro. Diz-se, então, que o motor "engripou" ou "fundiu".

Como já tivemos oportunidade de assinalar, a temperatura dentro do cilindro, no instante da combustão, pode chegar até a mais do que 1.000°C. Daí já se vê a necessidade do resfriamento. O único elemento que existe em abundância na natureza, em condições de ser aproveitado para o resfriamento dos motores, é o ar. Na maioria das vezes, entretanto, não é o ar que resfria diretamente o motor; existem carros que são resfriados a ar porém, os mais comuns são os carros cujo motor é resfriado por água, sendo a água, por sua vez, resfriada pelo ar.

Sempre no processo final é o ar o elemento que fica com o calor retirado do motor.

Motores refrigerados a água

Em geral, os motores são refrigerados a água. A água é um elemento bastante eficiente para a retirada de calor de um sistema. Os motores pequenos não utilizam resfriamento a água, por questões econômicas. Realmente, como se verá logo a seguir, nos motores resfriados a ar economiza-se radiador e bomba de água, tubulações, etc.



Como nos motores pequenos é importante a economia, costuma-se fazê-los resfriados a ar, para economizar esses elementos. Por outro lado, um motor grande dificilmente conseguirá ser resfriado pelo ar. A quantidade de calor a ser retirada é tão grande que o sistema que funciona melhor é o de resfriamento a água.

Mas, há exceções a essa regra, pois existem motores de avião que são construídos com resfriamento a ar, em primeiro lugar porque a velocidade em que eles se deslocam é tão grande que o ar se torna um bom refrigerante; e em segundo lugar porque, se fossem resfriados a água, em caso de algum acidente com o sistema de resfriamento se colocariam em perigo inúmeras vidas.

Muitas vezes, também, se usa resfriamento a ar em motores grandes, para o caso de tanques de guerra que precisam deslocar-se em terrenos onde há falta de água. No resfriamento a água, esta circula ao redor de todas as peças que interessa resfriar retirando assim, o seu calor.

Dessa maneira, as peças se esfriam e a água se aquece. Em seguida, a água é levada até o radiador onde cede seu calor para o ar, que é obrigado a passar pela colméia do radiador, aí retirando calor da água.

A água circula por dentro do motor, para fazer o resfriamento interno.

A água entra em contato com o cilindro e todas as peças que se aquecem, resfria essas partes e, por sua vez, se aquece. Em seguida, caminha para o radiador por uma mangueira que existe na parte de cima do motor. Entra no radiador, que é todo formado por colméias, como veremos logo a seguir. Um ventilador que gira adicionado por uma correia acoplada a uma polia, no virabrequim, faz o ar passar pela colméia em alta velocidade, daí retirando calor.

O ventilador vira de maneira que puxa o ar. O ar entra pela frente do carro, pela grade do radiador, passa pelo radiador e resfria a água que se encontra no seu interior. O ar se aquece, mas, apesar de estar quente, ainda pode ser aproveitado para resfriar o próprio bloco do motor. A água que se encontra dentro do radiador se esfria e, como a água fria é mais pesada que a água quente, ela desce e vai parar no fundo do radiador. Ai outra mangueira liga o radiador ao motor. A água fria segue por sua mangueira e retorna ao motor, para novamente esfriá-lo. E assim por diante, repetindo-se tudo de novo. O sistema tem alguns aperfeiçoamentos adicionais que iremos descrevendo gradativamente, à medida que esta lição for se desenvolvendo.

Na parte inferior do radiador existe uma pequena válvula, cuja finalidade é esvaziar o radiador toda vez que for necessário fazer um reparo ou trocar a água, se porventura estiver muito suja. Existe também, em alguns motores, um bujão para quando se quiser retirar toda a água aí existente. Essas válvulas estão representadas e recebem o nome de bujão de esgotamento, isto é, para esgotar (esvaziar) o radiador e o bloco do motor.

Procura-se resfriar as partes mais aquecidas, normalmente próximas das peças móveis e da área de combustão. Todas essas câmaras estão em comunicação entre si, de maneira que a água circula por todas elas.

Sempre o movimento da água é de baixo para cima, porque a água quente é mais leve que a água fria. Aliás, este é um fato fácil de constatar: coloque um copo com leite morno sobre uma mesa e deixe-o descansar durante alguns minutos. Depois, tome-o; sentirá perfeitamente que no começo o leite é mais quente e vai se tornando frio à medida que se esvazia o copo, o que comprova que o leite quente estava em cima e o frio, embaixo.

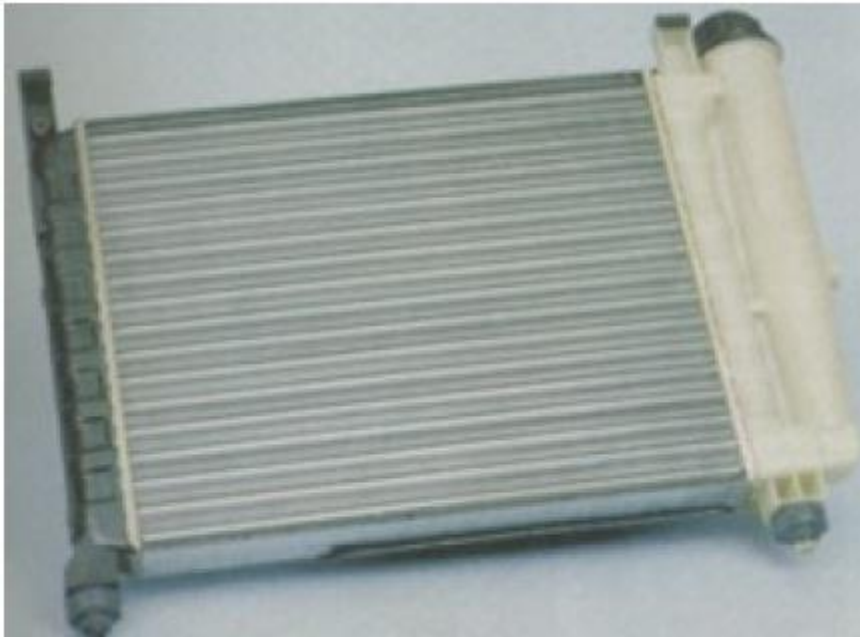
O radiador é ligado ao motor por duas mangueiras feitas de lona com borracha. São bastante grossas para permitir uma circulação livre da água. Se o cano fosse fino, a água teria mais dificuldade para passar e o revestimento se faria com maior dificuldade também.

Saindo da parte superior, existe um pequeno tubo que desce ao longo do radiador, até aparecer por baixo dele. Trata-se do "ladirão, como é conhecido, e se destina a deixar escapar qualquer excesso de água que porventura exista no radiador, quando se enche ou quando a água ferve.

A temperatura normal da água dentro do radiador, é de 85°C a 90°C, mas algumas vezes, se o motor funcionar em condições deficientes, com falta de refrigeração, ou então numa subida muito forte, ou num dia muito quente a água ferve, formam-se vapores, que aumentam a pressão dentro do radiador. Se não houver um orifício qualquer por onde possa sair o excesso de pressão, o radiador correrá o risco de explodir e perder toda a água de refrigeração. Para impedir isso, é preciso deixar um orifício por onde o excesso de vapor tenha caminho para fora. Costuma-se dizer que é um orifício de "alívio", porque alivia a pressão, ou então, que é um tubo fino que desce ao longo do radiador até a sua parte inferior. O vapor ou a água em excesso escorre por ele e cai no chão, embaixo do veículo, sem perigo para as pessoas.

Na figura, vê-se a circulação de água no radiador, passando em seguida para o bloco do motor para refrigerar todo o sistema. Quanto maior a velocidade do veículo, maior a dissipação do calor.

Radiador



O radiador é um trocador de calor. É constituído por uma porção de cavidades. Por dentro passa a água quente e por fora o ar. O ar está frio e esfria a água. Os radiadores são constituídos em diversos estilos, mas a única diferença que existe mesmo é o tipo de célula de água que se utiliza. Sempre a água passa por um lado da célula e o ar, pelo outro.

Temos um tipo de radiador chamado colméia (ninho de abelha), nome que recebeu por causa do seu formato. Outro tipo de radiador é o que é constituído por tubos com aletas.

Os tubos de água passam através de uma série de lâminas, denominadas aletas. Em geral, o mecânico de automóvel não é solicitado para fazer reparos complexos no radiador. Esses reparos exigem equipamentos especiais para trabalho com chapa de metal, tais como solda a oxigênio, ferro de soldar, medidor de pressão e tanque.

A rigor, não se trata de serviço difícil, mas exige um equipamento que não compensa a uma oficina ter, a menos que exista bastante serviço relacionado com seu emprego. Convém, por isso, nesses casos, entregar o serviço a uma oficina especializada, que só trabalhe com esse tipo de serviço e que, por conseguinte, tenha todo o equipamento necessário.

Termostato

Pelo que temos descrito até agora, no que se refere a carburação e resfriamento do motor, o aluno já verificou que há uma temperatura boa para o motor trabalhar. Se o motor se superaquece, há risco de "engripamento". Se o motor está frio, a carburação não se processa adequadamente e a combustão não é boa. Quando o motor trabalha na temperatura certa, tudo transcorre normalmente e o rendimento é satisfatório.

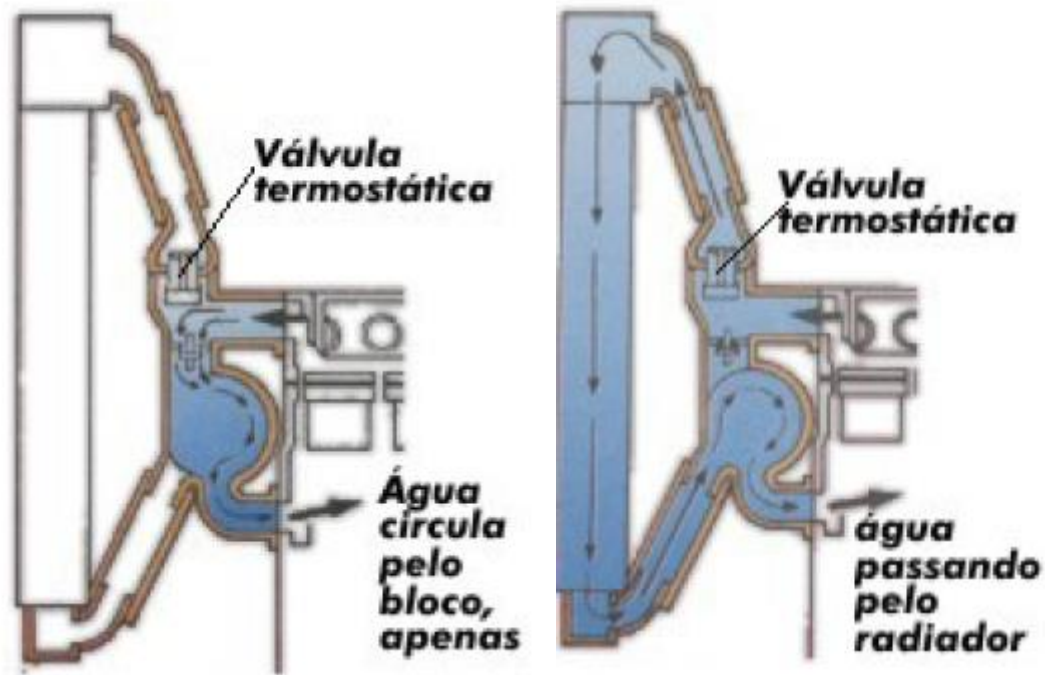
No que se refere ao resfriamento, um aperfeiçoamento adicional que se faz é colocar as peças no circuito de refrigeração. Sua finalidade é controlar melhor a temperatura da água, para que ela trabalhe o mais possível na temperatura desejada. Essa peça se chama termostato (ou válvula termostática), nome que significa "temperatura estabilizada". Na verdade, ele não mantém a temperatura invariável, mas permite a variação numa faixa de temperaturas boas para o motor.

O termostato opera principalmente quando a água de resfriamento está muito fria. Nesse caso o termostato fecha a passagem de água que vai para o radiador e obriga a água a voltar para o motor. Resultado: a água não será resfriada; pelo contrário, será aquecida mais depressa. Quando a temperatura da água atinge o valor desejado, o termostato abre a passagem do radiador. A água então vai para o radiador, onde é resfriada, e a temperatura se mantém.

O termostato consiste basicamente de uma sanfona e uma válvula. Quando dizemos sanfona é porque a peça possui mesmo esse formato, como o de um acordeon, que pode esticar e encolher, conforme entre ou saia ar. Dentro do termostato existe um líquido, que se vaporiza quando a temperatura da água atinge o valor desejado.

Por exemplo, existe termostato no qual está marcado o número 70. Significa que esse termostato abre quando a temperatura da água está por volta desse valor (68°C a 72°C) e deve estar totalmente aberto, quando a temperatura atinge 78°C. Um termostato marcado com número 80 significa que abre por volta desse valor (78°C a 82°C) e deve estar totalmente aberto, quando a temperatura atinge 90°C. Quando a temperatura atinge o valor a que nos referimos, o líquido que está dentro da sanfona vaporiza, ou seja, se torna vapor.

Como resultado, a sanfona se estica e abre a válvula que dá passagem a água. Mais tarde, quando se desligar o motor e a água tornar a esfriar-se, o vapor dentro do termostato novamente virará líquido e a sanfona encolherá, fechando a passagem da água.



No circuito da água, quando ela está fria. O termostato fecha a passagem para o radiador e a água volta para o motor, onde se aquece novamente. O termostato não abre a passagem enquanto a temperatura da água não atinge o valor bom de funcionamento do motor.

Uma vez atingida a temperatura ideal de trabalho do motor, o termostato abre a passagem para o radiador e fecha a passagem de retorno. A água então é obrigada a seguir para o radiador, onde é resfriada, mantendo-se então na temperatura desejada.

Para testar um termostato, coloque-o dentro de um recipiente com água a 17°C, aproximadamente. Agite a água, para que a temperatura fique uniforme. O termostato deve estar então completamente fechado. A seguir, aqueça-o num banho até a temperatura indicada no próprio termostato. Agite a água, para que a temperatura fique uniforme. O termostato deve estar então completamente aberto. Se o termostato não comportar adequadamente, substitua-o por um novo, com as mesmas características.

Sistema de Transmissão e Embreagem

CONCEITOS , DIAGNOSE E REPARAÇÃO

Introdução

Todo o desempenho do veículo está diretamente ligado ao sistema de engrenagens do câmbio. O prazer ao guiar, a capacidade de aceleração, a potência em velocidades de cruzeiro, passam pelas relações de transmissão. O sistema de transmissão leva às rodas motrizes a energia desenvolvida pelo motor para que o veículo entre em movimento.

Em 1895, os irmãos Lanchester lançaram o eixo de transmissão; na mesma década, lançaram a caixa de mudanças de engrenagens planetárias e o eixo cardan. No início do século, Sturtevant, nos EUA, lançou a transmissão automática.

Na década de 20, surgiram as primeiras caixas sincronizadas e as primeiras embreagens automáticas com comando à depressão do motor. Em 1936, a FIAT lançou o Topolino 500 com câmbio de quatro marchas sincronizadas.

Para ilustrar o que foi dito, vamos fazer o nosso veículo circular a 100 Km/h @ 4000 rpm, as rodas estarão aproximadamente a 1000 rpm; logo não poderíamos ligar o motor às rodas diretamente.

O meio de fazer a potência necessária (potência é energia em sua forma de utilização) chegar até as rodas motrizes, foi incorporar uma redução por engrenagens na transmissão final, ao mesmo tempo alterando a direção do movimento em 90° com o eixo da roda (chamado de torque cônico o elemento de redução final). Geralmente a redução está bem próxima da razão de 4:1, isto quer dizer que enquanto o eixo motor dá quatro voltas, o eixo das rodas dá somente uma.

O torque varia com a rotação do motor, e o máximo torque é alcançado em torno da metade, ou um pouco mais acima das rotações máximas, após o que começa a cair rapidamente. Daí um processo ou dispositivo que converta e amplifique o torque produzido - a caixa de câmbio ou de velocidades ou de mudanças ou gear box.

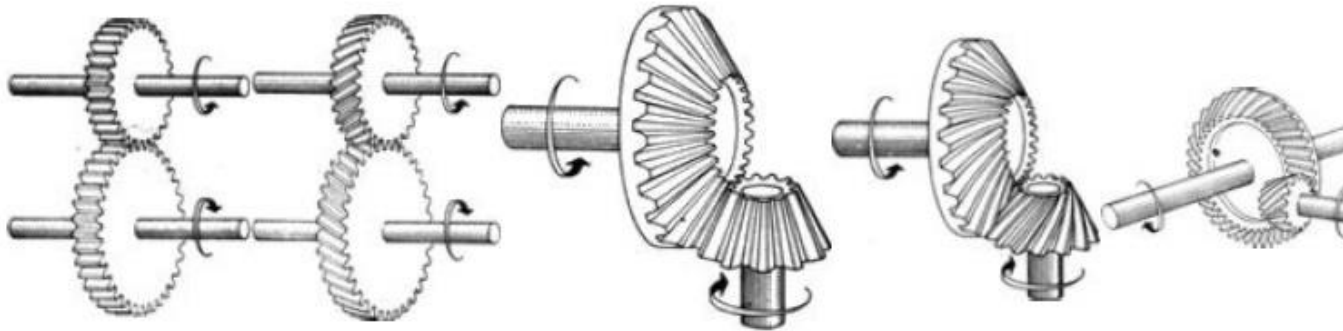
O sistema de transmissão é composto pela embreagem, caixa de velocidades, diferencial, semi-árvores, homocinéticas e rodas.

Engrenagens - as engrenagens têm como objetivo efetivar transformações de movimento, que são: direção e velocidade. Toda e qualquer engrenagem pode ser encarada como uma alavanca múltipla com um único ponto de centro. Quanto maior o braço da alavanca tanto maior será o movimento conseguido.

Classificação das engrenagens:

- a) engrenagens planas diretas;
- b) engrenagens helicoidais - os dentes são cortados em curva, permitindo que um dente engrene com outro antes que o anterior esteja desengrenado;
- c) engrenagens espirais;
- d) engrenagens de dupla espiral;
- e) engrenagens cônicas - os dentes são retos, porém cortados sobre peças cônicas. São empregados sempre que há necessidade de mudar o sentido da transmissão.
 - e.1) retas;
 - e.2) helicoidais

f) engrenagem hipóide - assemelham-se às engrenagens cônico-helicoidais, porém o pinhão ou eixo motor se situa abaixo do eixo acionado (a coroa). Com esta montagem, consegue-se diminuir o diâmetro do seu alojamento. Muito utilizada em diferenciais.



As engrenagens, estas maravilhas mecânicas, executam tarefas com extrema precisão, hora alterando a força, hora alterando a velocidade. Para facilitar a compreensão, utilizaremos o exemplo da bicicleta, que transporta uma pessoa com velocidade maior do que seria conseguida com suas pernas. Isso acontece porque a corrente e as marchas fazem girar a roda traseira mais depressa do que o movimento dos pedais.

Relação do câmbio ou transmissão - o torque e a rotação produzida pelo motor, não são suficientes e adequados para transmissão direta para as rodas. Fatores como carga, velocidade do veículo e elementos externos que ofereçam resistência (aclives, declives, o are etc.) nos obrigam a pedir auxílio à caixa de câmbio ou, simplesmente, caixa de velocidade, que nada mais é do que uma caixa de relações variáveis às diferentes solicitações de carga.

A relação entre o número de dentes que se ajustam uns aos outros é denominada "relação de engrenagens ou de transmissão". Se uma engrenagem tem duas vezes o número de dentes da outra, a relação é de 2:1.

A relação de transmissão é o fator que determina o torque e a relação de saída em uma transmissão por engrenagens. É calculada da seguinte forma: $R = \frac{n.^{\circ} \text{ de dentes da engrenagem movida}}{n.^{\circ} \text{ de dentes da engrenagem motora}}$.

A engrenagem que aciona é denominada motora (motriz ou condutora) e a outra, movida (conduzida). A engrenagem conduzida sempre é deslocada em direção contrária à da condutora. Para se obter a mesma direção coloca-se uma engrenagem entre a motora e a movida. O nome da engrenagem interposta é reversora (apesar de alguns autores utilizarem nomes de engrenagem livre ou parasita).

A caixa de mudança deve proporcionar ao condutor/usuário os seguintes requisitos:

1. Variar a redução, objetivando variar as relações de redução (torque) e desmultiplicação (potência em velocidade cruzeiro).
2. Permitir o ponto neutro.
3. Inverter o sentido de rotação (marcha à ré).

Diante do exposto, podemos concluir que:

a) relação de redução - é aquela em que se multiplica o torque de entrada e diminui a rotação. A engrenagem motora é menor que a movida.

b) relação de desmultiplicação - é a relação em que eleva-se a rotação e reduz-se o torque.

A engrenagem motora é maior que a movida.

Voltando à nossa bicicleta hipotética do exemplo, contemos o número de dentes da coroa e o número de dentes do pinhão traseiro. Dividindo-se o total de dentes do pinhão pelo número de dentes da coroa, teremos a nossa relação de transmissão.

Exemplificando: pinhão = 10 dentes coroa = 40 dentes $R = 10 / 40 = 1 / 4$ Marcha alta: na qual a roda traseira gira 4 vezes para 1 volta da coroa = 1 pedalada. Tem 4 vezes mais velocidade e apenas $\frac{1}{4}$ da força aplicada sobre o pedal (baixo torque). Em marcha baixa, por exemplo $R = 1 / 2$, a velocidade é menor mas ganha-se em força. Marchas altas servem para terrenos planos e as marchas baixas para as ladeiras.

O Câmbio propriamente dito - A potência de um motor endotérmico aumenta na razão direta da velocidade (rpm) até alcançar a velocidade de regime, o que ocorre, dependendo do tipo de motor, a partir de 2000 rpm até 5500 rpm.

O câmbio deve proporcionar condições ao veículo para vencer as resistências de rolagem, do ar, do solo, do atrito dos pneus e o peso do veículo. Por isso o torque deve variar de acordo com estas resistências. Desta forma, se o usuário estiver desfrutando de toda a potência do motor ou até $\frac{3}{4}$ dela, numa estrada plana, e deparar-se com uma subida, não haverá condições para continuar na mesma velocidade pois o esforço de subir consumirá boa parte da potência do motor. Neste momento, embora com uma queda sensível na velocidade, precisamos de uma potência maior. Precisamos lançar mão de um dispositivo que permita ao motor manter a máxima velocidade enquanto as rodas se deslocam com velocidade reduzida. Este dispositivo é a caixa de câmbio. Para facilitar a vida do usuário, os câmbios modernos possuem, para assegurar uma mudança ágil e silenciosa, engrenagens deslizantes de engrenamento constante e com luvas sincronizadoras que facilitam os engates das marchas e igualam os movimentos rotacionais internos.

A caixa de mudança realiza três funções distintas:

a) permite um desligamento entre os eixos motor e transmissor, possibilitando ao motor funcionar com o veículo parado;

b) permite aumentar ou diminuir a potência do motor por meio de engrenagens;

c) permite inverter a marcha sem alterar o sentido de rotação do motor. Sua posição de montagem e localização é entre a caixa seca de embreagem e o cardan, para os veículos mais antigos, com montagem de conjunto motopropulsor clássica. Nos veículos mais modernos, onde a figura do diferencial foi incorporada ao conjunto do câmbio, fica entre as semi-árvores. A alavanca seletora é o elemento de ligação entre o usuário e o

mecanismo interno. Através dela é possível interromper os movimentos (ponto morto ou neutro), reverter a marchas(marcha à ré) e modificar o torque e/ou a potência.

A caixa de mudanças é composta basicamente de três eixos paralelos, assim discriminados:

- a) eixo primário ou piloto ou eixo motor
- b) eixo secundário ou transmissor
- c) eixo intermediário ou trem de engrenagens ou carretel.

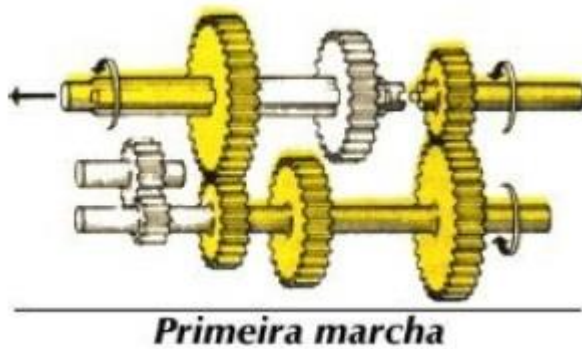
A entrada do movimento proveniente do motor, através da embreagem, é acolhida pelo eixo primário, sendo este movimento fornecido ao eixo secundário e transmitido às rodas motrizes. O eixo secundário está colocado no mesmo alinhamento do eixo primário. No secundário são montadas as engrenagens móveis.

Através da alavanca seletora o usuário pode buscar os seguintes movimentos:

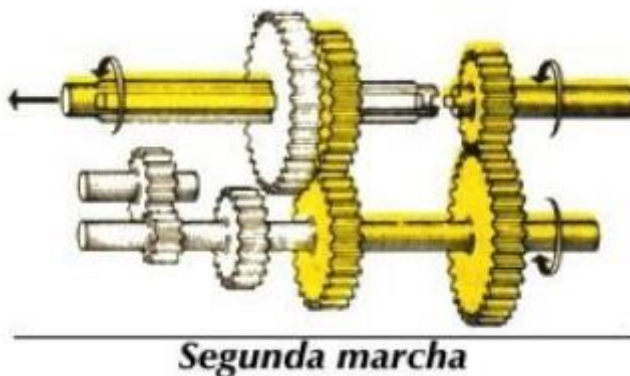
- a) primeira marcha - força
- b) segunda marcha - força
- c) terceira marcha - rotações intermediárias
- d) quarta marcha - velocidade cruzeiro
- e) quinta marcha - velocidade de cruzeiro e economia de combustível, baixo torque
- f) marcha à ré - reversão do movimento
- g) ponto morto - interrupção do movimento.

O comportamento das engrenagens:

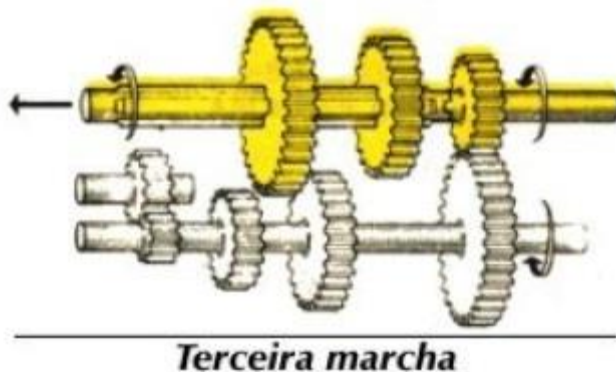
- a) primeira marcha - o eixo intermediário encontra-se engrenado com a engrenagem móvel do eixo transmissor. Temos a entrada de movimento P movimento recebido P movimento transmitido. Devido a engrenagem do eixo intermediário ser de diâmetro menor, o eixo transmissor girará com menor velocidade do que a fornecida pelo motor.



b) segunda marcha - a ligação é feita entre a maior engrenagem do carretel com a maior engrenagem do eixo transmissor.



c) terceira marcha - nos veículos mais antigos, esta velocidade era chamada de "prize direta", pois o eixo motor engrenava diretamente com o eixo transmissor, operando como se os eixos estivessem rigidamente ligados. Nos veículos com caixa de quatro velocidades à frente, a terceira é a intermediária entre a prize direta e a marcha de força. Funciona como opção de retomada, proporcionando mais agilidade.



d) quarta marcha - é uma relação de desmultiplicação, ou seja, a velocidade da árvore de manivela é inferior à da árvore de transmissão, reduz a rotação do motor e mantém a velocidade inalterada. Estas características proporcionam boa economia de combustível e redução do desgaste interno do motor. Para obtenção destes índices, seu engrenamento deve ser realizado acima de 50 Km/h.

e) ponto morto - o eixo primário transmite o seu movimento ao intermediário (carretel) que não é repassado ao secundário, pois não há engrenagens móveis em contato. Somente giram o primário e o carretel, não havendo transmissão de movimento.

Posição relativa das engrenagens



Lubrificação - as engrenagens, mancais, luvas e anéis sincronizadores necessitam de lubrificação. Hoje o profissional e usuário devem atentar que para cada caso há um tipo de óleo específico, calculado em função da temperatura de trabalho, do tipo de engrenagens e do tipo de serviço executado. Respeitar as informações do manual do proprietário e as orientações dos manuais de serviço, são obrigações do usuário e do reparador, respectivamente.

Embreagem - Assim como as caixas de câmbio, os conjuntos de embreagem sofreram pequenas evoluções que muito contribuíram para o aumento do conforto e prazer ao dirigir. Por serem componentes com vida útil relativamente longa, muitas vezes são esquecidos no cronograma de manutenção preventiva. Sua localização e posição de montagem é entre a caixa de mudanças e o volante do motor.

Sua função é ligar e desligar o motor do sistema de transmissão de forma suave e progressiva. A ligação entre o motor e a caixa de mudanças é realizada quando o disco de embreagem é comprimido pelo platô de encontro ao volante do motor, pelo sistema de comando de acionamento. Pertence ao grupo dos órgãos de comando e transmissores de movimento.

A embreagem é o sistema de ligação entre o motor e o câmbio. Fica alojada no interior da caixa seca e fixada ao volante do motor através de parafusos. Interliga o movimento do motor ao câmbio através do eixo piloto ou primário. O comando de ligação entre ambos se dá através da carga aplicada ao pedal de embreagem; este acionamento, geralmente via cabo de aço, já começa a ser substituído pelo acionamento hidráulico, pelo grau de conforto e precisão que oferece ao usuário. No acionamento hidráulico, um ou dois pequenos cilindros mestres encarregam-se de fazer a pressão de acionamento até o garfo de embreagem e deste até o platô, via rolamento de encosto (colar).

Quando o motor está embreado, as rotações da árvore de manivelas são transmitidas ao câmbio e daí às rodas, movimentando o veículo. Quando desembreado, é desligado o movimento da árvore de manivelas.

O conjunto de embreagem pode ser dividido em:

- a) disco de fricção
- b) disco ou placa de pressão - platô
- c) rolamento de encosto - colar
- d) garfo de acionamento

Dimensionamento da embreagem - Existe uma embreagem para cada tipo de veículo. O seu projeto deve obedecer as exigências da montadora e do mercado. Os itens a seguir definirão o projeto:

- a) peso máximo (com carga) do veículo
- b) potência e torque do motor
- c) relação das marchas do câmbio
- d) tipo de utilização
- e) relação do diferencial
- f) raio dos pneus

De posse dos dados acima, o fabricante do conjunto calcula as cargas, escolhe o material de fricção e dimensiona a carga do pedal, com o objetivo de que a transmissão seja suave e progressiva até o câmbio e deste aos demais órgãos da transmissão.

Podemos enumerar as qualidades de um bom projeto de embreagem:

- 1º) transmitir o torque do motor para o câmbio sem deslizamento (sem patinação);
- 2ª) eliminar vibrações torcionais durante a partida e em condição de marcha lenta, amortecendo-as;
- 3ª) possibilitar trocas de marcha de modo suave, sem solavancos.

Tipos de embreagem:

- a) embreagem simples - tipo monodisco a seco
- b) embreagem bidisco - dois discos a seco
- c) embreagem dupla
- d) embreagem multidisco - composta por uma série de discos metálicos colocados lado a lado

e) embreagem cônica

f) embreagem hidráulica

Tipos de acionamento e componentes - Atualmente tem sido muito comum para o reparador confundir o acionamento hidráulico com a embreagem hidráulica, que são coisas distintas. O acionamento é fator primordial para a manutenção do conforto durante toda a vida útil do conjunto. Segue abaixo a relação de esforço dos tipos de acionamento:

a) embreagem com acionamento do platô puxado (pull): $R = 1 / 6$ (veículos pesados)

b) embreagem com acionamento do platô empurrado (push): $R = 1 / 5$ (veículos passeio e alguns comerciais)

É importante lembrar que ao se acionar a embreagem - aplicação de carga - e a desembreagem existe um tempo de três segundos até a total imobilidade do disco.

O disco de embreagem - Duas características do disco devem ser observadas durante a manutenção: se possui amortecimento torcional no cubo e o tipo de revestimento empregado (cuidado com a peça pirata). A composição básica do disco de embreagem é (sem asbestos): rayon, borracha, resinas, partículas de cobre, tudo isto misturado com materiais orgânicos. Hoje temos alguns modelos no mercado com o revestimento a base de amianto cresotila, opcional por motivos ambientais.

O revestimento pode ser construído de três formas e cada tipo tem uma aplicação específica:

a) revestimento moldado;

b) revestimento enrolado;

c) revestimento trançado.

Em veículos de alto desempenho, são aplicados discos ceraméticos, onde seu coeficiente de atrito aumenta com a temperatura, proporcionam acionamento mais duro e só devem ser aplicados em veículos de elevado torque e potência.

Os discos de embreagem podem ser:

a) rígido;

b) com amortecimento torcional.

O platô é chave da ligação entre o motor e o câmbio. Hoje, a maioria dos veículos sai equipada com o platô do tipo simples, que pode ser:

- a) platô de molas helicoidais (em desuso);
- b) platô de mola membrana/diafragma, o popular chapéu chinês.

O platô de mola membrana é muito resistente às altas rotações, possui construção compacta, reduzida altura da carcaça estampada e oferece grande conforto ao usuário (maciez no acionamento).

Sintomas e Diagnose - os sistemas de comando e acionamento merecem atenção especial durante a manutenção, embora geralmente sejam relegados ao segundo plano; são grandes responsáveis pelo correto funcionamento da embreagem.

O projeto de comando é na maioria das vezes de responsabilidade da montadora; as especificações e orientações de manutenção devem ser respeitadas durante a montagem. Os itens mais comuns na rotina de manutenção são:

- a) rolamento de encosto - deve girar livremente, sem trancos na pista e deslizar com suavidade sobre a guia.
- b) guia do rolamento - não deve ter riscos e calosidades na área de contato com o rolamento de encosto (colar), pois acarretará resistência no pedal.
- c) cabo de embreagem - quando acionado deve correr livre no conduíte (capa). Nada de "amaciar o cabo", curvas acentuadas devem ser evitadas, deve ser montado buscando o caminho mais reto possível, sem curvas acentuadas (salvo especificação da montadora, caso dos veículos VW - ar).
- d) O mecanismo de comando é formado por garfos, tirantes ou varões que deslocam luvas sincronizadoras (montadas entre as engrenagens de velocidade), devendo ter seu movimento livre e lubrificado. Os comandos não devem permitir que as marchas escapem (conjunto retém nos garfos internos e no trambulador).
- e) pedal e pedaleira - todas as articulações devem ser lubrificadas. Deve ser observado o tipo de material do embuchamento, antes da aplicação do lubrificante. Buchas de Nylon, poliamida, celeron ou qualquer outro material sintético, aplicar grafite em pó ou spray; buchas de bronze, aplicar lubrificante mineral.
- f) Platô e disco de embreagem não produzem rangidos. Os rangidos encontram-se no sistema de acionamento e/ou por falta de lubrificação do garfo e suas buchas.
- g) Os ruídos provocados por rolamentos no sistema de embreagem são três: rolamento do eixo primário do câmbio, rolamento de encosto (colar) e rolamento da ponta do primário (quando existir).
- h) garfo e articulações - examinar quanto a folgas e desgastes irregulares na área de contato com o colar. Substituir o embuchamento caso sejam encontradas folgas.

i) Observe atentamente as condições da catraca de regulagem automática, se estiverem avariadas, travadas ou desgastadas, enforcam o platô.

j) **Cuidado!** Não exagerar na lubrificação do eixo primário (excesso de graxa);

k) rolamento de encosto - nunca deverá ser lavado ou tentar engraxá-lo. Caso apresente ruídos, substitua. Cuidado com as peças piratas!

Antes e durante a troca, alguns procedimentos devem ser observados:

a) Ao montar o conjunto disco-platô, aperte os parafusos de fixação em cruz ou X, de forma gradual, sempre respeitando o torque recomendado pelo fabricante.

b) Observe o retentor do eixo piloto (primário). Vazamentos podem chegar até o disco de embreagem

c) Observe se o garfo de debreagem movimenta-se livremente e sem folgas, se não há folgas nos pontos de contato do mesmo com o colar.

d) Observe se não há vazamentos de óleo do motor, pela junta do cárter ou pelo retentor da árvore de manivelas, para o interior da caixa seca.

e) Observe a superfície do volante do motor quanto a trincas, riscos, marcas de superaquecimento. Alguns fabricantes recomendam a retífica da área de contato com o disco, outros somente a substituição. De qualquer maneira, caso seja retificado, o volante deve manter as características dimensionais originais, i.é., deve ser retrabalhada a superfície de fixação do platô, para que se mantenha a mesma relação de altura original.

f) Ao montar uma nova embreagem, observe a centralização do conjunto motopropulsor. Durante a montagem, nunca deixe o câmbio apoiado sobre o cubo do disco (durante o encaixe do câmbio).

g) Monte o platô pré-acionado. Esta recomendação é fundamental para o sucesso do serviço! Basta um fio de vela e uma prensa hidráulica: apoiando o platô sobre uma superfície plana e com auxílio de uma chave de encaixe maior que 41mm (pito ou cachimbo, de acordo com o regionalismo), acionar o platô e inserir um fio de vela entre a mola membrana e a placa depressão (deixando uma ponta para puxar depois de apertado no volante do motor!). O encaixe do conjunto será mais fácil, com menos chances de erros e redução no tempo da tarefa.

h) O cabo de acionamento pode transmitir as vibrações do motor para a carroçaria, causando desconforto. Para que isto não ocorra, os cabos são confeccionados com "dampers" de borracha para absorção destas vibrações. Na hora de ajustagem da altura do pedal de embreagem, nada de aplicar "calços e complementos" para dar curso ao pedal, isto poderá comprometer e trazer vibrações ao funcionamento.